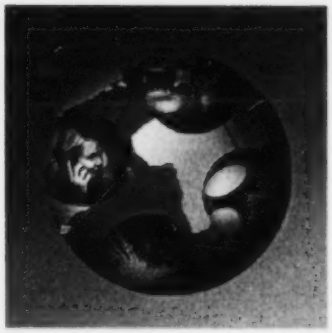
Catalogue no. 88F0006XIE — No. 002
ISSN: 1706-8967
ISBN: 0-662-43310-6

Working Paper

Science, Innovation and Electronic Information Division

Buying and Selling Research and Development Services, 1997 to 2002



by Julio M. Rosa, Antoine Rose and Pierre Mohnen

Science, Innovation and Electronic Information Division (SIEID)
7-A, R.H. Coats Building, Ottawa, K1A 0T6

Telephone: 1 800 263-1136

Statistics Canada Statistique Canada

Canada

How to obtain more information

For information on the wide range of data available from Statistics Canada, you can contact us by calling one of our toll-free numbers. You can also contact us by e-mail or by visiting our website.

National inquiries line	1 800 263-1136
National telecommunications device for the hearing impaired	1 800 363-7629
Depository Services Program inquiries	1 800 700-1033
Fax line for Depository Services Program	1 800 889-9734
E-mail inquiries	infostats@statcan.ca
Website	www.statcan.ca

Information to access the product

This product, catalogue no. 88F0006XIE, is available for free. To obtain a single issue, visit our website at www.statcan.ca and select Our Products and Services.

Standards of service to the public

Statistics Canada is committed to serving its clients in a prompt, reliable and courteous manner and in the official language of their choice. To this end, the Agency has developed standards of service that its employees observe in serving its clients. To obtain a copy of these service standards, please contact Statistics Canada toll free at 1 800 263-1136. The service standards are also published on www.statcan.ca under About Statistics Canada > Providing services to Canadians.

Symbols

The following standard symbols are used in Statistics Canada publications:

. not available for any reference period
.. not available for a specific reference period
... not applicable
0 true zero or a value rounded to zero
0^s value rounded to 0 (zero) where there is a meaningful distinction between true zero and the value that was rounded
^{p} preliminary
^{r} revised
x suppressed to meet the confidentiality requirements of the *Statistics Act*
^{E} use with caution
F too unreliable to be published

Note
Due to rounding, components may not add to the totals.

Statistics Canada
Science and Innovation Surveys Section
Science, Innovation and Electronic Information Division (SIEID)

Buying and Selling Research and Development Services, 1997 to 2002

Published by authority of the Minister responsible for Statistics Canada

© Minister of Industry, 2006.

All rights reserved. The content of this electronic publication may be reproduced, in whole or in part, and by any means, without further permission from Statistics Canada, subject to the following conditions: that it is done solely for the purposes of private study, research, criticism, review, newspaper summary, and/or for non-commercial purposes; and that Statistics Canada be fully acknowledged as follows: Source (or "Adapted from", if appropriate): Statistics Canada, name of product, catalogue, volume and issue numbers, reference period and page(s). Otherwise, no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopy, for any purposes, without the prior written permission of Licensing Services, Client Servises Division, Statistics Canada, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0T6.

May 2006

Catalogue no. 88F0006XIE, no. 002
ISSN: 1706-8967
ISBN: 0-662-43310-6

Frequency: Irregular

Ottawa

La version française de cette publication est disponible sur demande (n° 88F0006XIF au catalogue).

Note of appreciation

Canada owes the success of its statistical system to a long-standing partnership between Statistics Canada, the citizens of Canada, its businesses, governments and other institutions. Accurate and timely statistical information could not be produced without their continued cooperation and goodwill.

106-05282/

The science and innovation information program

The purpose of this program is to develop **useful indicators of science and technology activity** in Canada based on a framework that ties them together into a coherent picture. To achieve the purpose, statistical indicators are being developed in five key entities:

- **Actors**: are persons and institutions engaged in S&T activities. Measures include distinguishing R&D performers, identifying universities that license their technologies, and determining the field of study of graduates.
- **Activities**: include the creation, transmission or use of S&T knowledge including research and development, innovation, and use of technologies.
- **Linkages**: are the means by which S&T knowledge is transferred among actors. Measures include the flow of graduates to industries, the licensing of a university's technology to a company, co-authorship of scientific papers, the source of ideas for innovation in industry.
- **Outcomes**: are the medium-term consequences of activities. An outcome of an innovation in a firm may be more highly skilled jobs. An outcome of a firm adopting a new technology may be a greater market share for that firm.
- **Impacts**: are the longer-term consequences of activities, linkages and outcomes. Wireless telephony is the result of many activities, linkages and outcomes. It has wide-ranging economic and social impacts such as increased connectedness.

The development of these indicators and their further elaboration is being done at Statistics Canada, in collaboration with other government departments and agencies, and a network of contractors.

Prior to the start of this work, the ongoing measurements of S&T activities were limited to the investment of money and human resources in research and development (R&D). For governments, there were also measures of related scientific activity (RSA) such as surveys and routine testing. These measures presented a limited picture of science and technology in Canada. More measures were needed to improve the picture.

Innovation makes firms competitive and we are continuing with our efforts to understand the characteristics of innovative and non-innovative firms, especially in the service sector that dominates the Canadian Economy. The capacity to innovate resides in people and measures are being developed of the characteristics of people in those industries that lead science and technology activity. In these same industries, measures are being made of the creation and the loss of jobs as part of understanding the impact of technological change.

The federal government is a principal player in science and technology in which it invests over five billion dollars each year. In the past, it has been possible to say only *how much* the federal government spends and *where* it spends it. Our report **Federal Scientific Activities, 1998 (Cat. No. 88-204)** first published socio-economic objectives indicators to show *what* the S&T money is spent on. As well as offering a basis for a public debate on the priorities of government spending, all of this information has been used to provide a context for performance reports of individual departments and agencies.

As of April 1999, the Program has been established as a part of Statistics Canada's Science, Innovation and Electronic Information Division.

The final version of the framework that guides the future elaboration of indicators was published in December, 1998 **(Science and Technology Activities and Impacts: A Framework for a Statistical Information System, Cat. No. 88-522)**. The framework has given rise to **A Five-Year Strategic Plan for the Development of an Information System for Science and Technology (Cat. No. 88-523)**.

It is now possible to report on the Canadian system on science and technology and show the role of the federal government in that system.

Our working papers and research papers are available at no cost on the Statistics Canada Internet site at http://www.statcan.ca/cgi-bin/downpub/research.cgi?subject=193.

Buying and Selling Research and Development Services, 1997 to 2002

By

Julio M. Rosa*, Antoine Rose** and Pierre Mohnen***

May 2006

* Statistics Canada, Science, Innovation and Electronic Information Division, and MERIT (Research and training center of United Nation University), Netherlands. Ottawa, Canada. Tel: + 1 (613) 951-6598, E-mail: JulioMiguel.Rosa@statcan.ca

** Statistics Canada, Science, Innovation and Electronic Information Division, Ottawa, Canada. Tel: + 1 (613) 951-9919, E-mail: Antoine.Rose@statcan.ca

*** MERIT, Maastricht University, Maastricht, Netherlands. Tel: + 31 43 388-3869, E-mail: P.Mohnen@Merit.unimaas.nl

(This document reflects the opinions of the authors only and not those of Statistics Canada or UNU-MERIT.)

Table of Contents

1. Introduction 8
2. An extension of the choice of strategies for implementing research and development 9
3. Motivations and partnerships in research and development 10
4. Data source and limitations 11
5. Descriptive analysis 12
6. Multinomial analysis of R&D performance strategies 22
   6.1 Variables 22
   6.2 Results 23
7. Conclusion 26
References 27
Appendix A. Definitions 29
Appendix B. Tests for validity of Independence from Irrelevant Alternatives (IIA) - Hausman-Type test 29
Appendix C. Table of simple correlations (N=60451) 30
Appendix D. Annual growth of R&D expenditures by industry 31
Appendix E. Acronyms for Industries 32
Catalogued publications 33

1. Introduction

Research and development (R&D) is a crucial activity in the innovation process. Firms, especially those with high technological content that do not engage in this activity seriously jeopardize their competitiveness and their creativity in relation to competitors. The cost of access to R&D is a major barrier for many firms. Added to this cost constraint is the appropriation constraint, namely the inability of firms to retain all the benefits resulting from efforts invested in research. This is an additional barrier dissuading firms from performing R&D (Arrow, 1962). Lastly, to engage in R&D activities, a firm must first have sufficient absorptive capacity to recognize the value of new information, assimilate it and apply it to commercial ends (Cohen and Levinthal, 1990).

Not every firm is in a position to overcome all these constraints. For firms that decide to conduct R&D activities, there is a crucial strategic choice to be made. R&D performers must choose between engaging in an R&D partnership process[1] and conducting research intramurally. Should the firm decide to enter into a partnership, there are various ways to proceed.

As identified in the literature, there have traditionally been two different modes or strategies[2] by which a firm may perform its R&D activities. It may do so internally, or it may acquire R&D services externally, that is, from outside the R&D producing unit. Several empirical and theoretical studies have adopted these twin strategies as a conceptual framework to explain firms' strategic behaviour (Rador, 1991; Veugelers and Cassiman, 1999; Kamien and Zang, 2000; Cassiman et al. 2002; Arundel and Bordoy, 2002). Mindful of this body of literature, the present study seeks to expand the conceptual framework for the choice of modes of participation in R&D partnership that are available to firms engaged in R&D.

A practical way to determine whether or not a firm is participating in an R&D partnership is to observe the source or destination of R&D funding. According to this logic, a firm that funds its research intramurally that is, without any financial exchange with other organizations for R&D purposes may, a priori, be considered not to have a partnership agreement for R&D services. On the other hand, if a firm reports that it has another organization as a funding source or pays to finance its R&D under either a subcontracting arrangement or some form of external participation, it may, broadly speaking, be said to have a partnership. The term partnership is interpreted broadly here to include subcontracts, alliances, co-operation agreements, consortiums, equity participation, technology transfer and joint R&D agreements (Davy, 2004). Can a monetary exchange for R&D purposes reasonably be considered to exist if there is no contact or exchange of information? Partnership is not perceived exclusively in the formal sense (active and participatory exchange between two entities); it includes both formal and informal links as defined by Bönte and Keilbach (2005).

This study examines firms' organizational behaviour with respect to R&D according to how R&D services are carried out: doing R&D for oneself, doing it for others or having other organizations do it. This examination will be based on data on the sources of funds received and destination of payments made for R&D.

This concept is not entirely new, since Harrigan (1985) was already talking about technology transfer in terms of the buying or selling of services. Drawing on the same data source, Rose (1994) explored the relationships involved in R&D strategic alliances in the form of input-output tables.

1. In this article, the partnership process refers to whether an organization does or does not have financial transactions with another organization for R&D purposes.
2. The terms "mode" and "strategy" are used interchangeably here.

As Veugelers and Cassiman (1999)[3] point out, few empirical studies have been done on modes of participation in the R&D network. One reason why this field of research is underexploited, at least in the case of empirical studies, is a lack of data, especially quantitative data Narula (2001), Belderbos, and al. (2004), Hagedoorn and Kranenburg (2003), Miotti and Sachwald (2003), Bönte and Keilbach (2005). Most articles on firms' mode of participation in R&D draw on qualitative data and confine themselves to case studies. A few studies are based on quantitative data (Veugelers, 1997), but here again, they draw on small data sets. We identify the modes of performing R&D on the basis of both qualitative and quantitative information, covering all sectors of the economy on the basis of a census of all commercial enterprises performing R&D in Canada. Using this approach, we will be able to identify the institutional players with whom R&D producers have the most exchanges for R&D services.

The following sections describe different modes of participation available to firms with respect to expenditures on R&D services, followed by a rapid overview of the motives that lead firms performing R&D to co-operate with other institutions. On the basis of this contextualization, a descriptive analysis of the characteristics of the different modes of participation in the R&D partnership process is provided. A final section presents the results of econometric estimates for modelling and identifying the determinants of each of the strategy choices previously identified.

2. An extension of the choice of strategies for implementing research and development

Traditionally, the economic literature on the choice of strategies for performing R&D basically considers two alternatives: either R&D is performed in-house or it is acquired from outside; these two alternatives could also be combined. Many studies attempted to answer the question of substitutability or complementarity of internal and external R&D (Arora and Gambardella, 1990; Cohen and Levinthal, 1990; Radnor, 1991; Veugelers and Cassiman, 1999; Leiblein et al. 2002). The findings of these different studies seem to indicate that the answer to the question of best strategy is far from definitive and that the structure and characteristics of the firm are likely to play an important role in the choice of how R&D is performed.

The choice of the strategy for performing R&D is commonly described in the literature as "Make" or "Buy." However, we think that these choices are too restrictive. The R&D strategy adopted by a firm depends very broadly on the environment and on potential interactions between partners. Some firms fund R&D services, while others buy or sell those services. Therefore, to gain a good understanding of these choices, it is necessary to provide a complete picture of the options available to firms performing R&D.

Such an approach is possible only if we are able to determine more precisely who performs R&D and for whom this R&D is performed. To this end, we must identify the partners (if any) for whom the R&D service is intended and by whom it is acquired. This type of analysis can be carried out by observing flows of financial transactions for R&D purposes. If we know the source and destination of payments for R&D purposes for each firm performing R&D, we can identify the structure of the R&D partnership and define the strategy choices related to obtaining and financing knowledge.

So far, the various studies conducted on firms' decision-making choices regarding R&D expenditures have been based on qualitative criteria or a simple enumeration of firms. This study is based on the Survey of Research and Development in Canadian Industry (RDCI), conducted by the Science, Innovation and Electronic Information Division of Statistics Canada. This survey provides details on the origin and destination of industrial R&D funding by firms conducting R&D or firms that fund it. It will be described in greater detail in Section 4. At the same time, we use

3. "Technology sourcing strategies have not been well explored in the theoretical literature and the empirical evidence remains anecdotal."

these quantitative data to expand the conceptual framework for the strategy choices of firms deciding on their R&D expenditures and to measure the intensity of transfers of funds between partners for R&D purposes.

A firm engaged in R&D has a choice between various strategies. It can perform the R&D itself, in a closed environment. It may also choose to enter into relationships with outside parties. In this case, it may choose to meet its R&D needs by purchasing services from other organizations. It may also do R&D for other organizations. These three basic strategic options may be combined, or they may be reduced to mutually exclusive choices.

How a firm carries out its R&D activities has a direct impact on how it manages the R&D cost- and risk-sharing model. Policy decision-makers who must introduce new regulations and incentives regarding research must consider this matter, which is important for understanding the firm's organizational environment. The United States and Japan have precedents as to their policy choices with respect to partnership and risk sharing. The best known examples are the VLSI project[4] for Japan in 1975 and SEMATECH (consortium of manufacturers in the semiconductor sector) for the United States in 1987. As a result of these two developments, governments have been induced to relax their antitrust regulations to allow the formation of partnerships in the semiconductor field (Sakakibara, 1997). For Canada, the issue of R&D performance strategies is also important.

3. Motivations and partnerships in research and development

The motivation for firms to enter into R&D partnerships is a research topic that came into its own only in the 1990s, advanced by authors such as Mahoney, (1992), Hagedoorn (1993), Sakakibara (1997), Veugelers (1997) and Veugelers and Cassiman (1999). Partnership has become a joint and complementary way to organize research.[5] This phenomenon has gone hand-in-hand with the growing complexity of innovation processes. Most of the studies indicate that cooperation is complementary rather than a substitute to R&D.

There are many reasons why firms co-operate in R&D. These reasons may be grouped into two main categories: those related to the need to reduce the level of technology risk and those related to a lack of endowments[6] on the part of the firm, which, in order to compensate for its technological deficiencies, seeks to establish complementarities in R&D (Tether, 2002).

Many articles have emphasized the positive influence of R&D intensity as a factor favouring R&D partnership, including Fritsch and Lukas (2001) and Bayona et al. (2001). Thus, having one's own R&D department is considered a factor that reduces risk while increasing the probability of having partners (Kleinknecht and van Reijnen, 1992). Piga et al. (2003) consider the decision to enter into a partnership relationship as a choice that arises from the firm's prior choice to conduct R&D activity. Indeed, absorptive capacity depends on a previous R&D effort (Davy, 2004). In the article by Veugelers and Cassiman (1999), the motivation for partnership is essentially the perception of the level of risk and of appropriation of innovation.

Included in the second category of motivations toward partnership is the question of complementarity of resources and competencies (Aurora et Gambardella, 1990; Cohen and Levinthal, 1990; Vonortas, 1994; Belderbos et al. 2003; Miotti and Sachwald, 2003). In these models, partnership is seen as a mechanism for efficiently exploiting the partners' combined resources those individual members of the partnership lack (Hagedoorn et al. 2000). Firms enter

4. VLSI: Very large-scale integrated circuit.
5. The question as to whether partnership is a complement or a substitute to in-house R&D has also been examined in empirical studies; see Sakakibara (1997) and Belderbos et al. (2003). Most of these studies show that co-operation is complementary to R&D rather than being a substitute for it.
6. By lack of endowments, we mean deficiencies in terms of resources (specialized jobs, materials, natural resources, etc.).

into partnership to acquire complementarities to their internal resources, and these complementarities are not necessarily technological. This form of motivation is also a way to repatriate comparative advantages to the firm when the partner is a foreign firm (Miotti and Sachwald, 2003). Knowledge complementarity is considered one of the main motivations that lead Japanese firms to co-operate in R&D (Sakakibara, 1997).

However, most factors that motivate some form of partnership generally involve both the reduction of technology risk and the differential in firms' endowments. One example is the size of the firm, which, according to many studies and in accordance with Schumpeter's theory, plays a large and positive role in increasing the probability of co-operating in R&D (Sakakibara, 1997; Veugelers, 1997; Fritsch and Lukas, 2001; Bayona et al. 2001; Miotti and Sachwald, 2003).

An important finding of the study of Sakakibara (1997) is that motivations related to resource sharing (specializations) are more important than motivations related to risk sharing in R&D partnerships where the partners have more heterogeneous endowments. This finding reminds us that a firm's motivation largely depends on its environment and on differences in the abilities of the partners to conduct R&D activities.

4. Data source and limitations

Our study is based on Statistics Canada Research and Development in Canadian Industry survey which collects data on R&D performed in the business sector in Canada. The Statistics Canada database is constructed using two sources: an annual survey of major R&D performers, and administrative data.

In 1997, a new methodology was introduced for estimating R&D expenditure in the business sector in Canada. The new approach uses administrative data from the Canada Revenue Agency (CRA) instead of survey data for any firm that funds or performs less than $1 million worth of R&D. This enabled the elimination of around 8,000 survey mailouts for the 2002 survey, thus reducing the survey reporting burden, (Statistics Canada, 2004).

The survey is conducted annually and includes data for a four-year period. However, there is an eighteen-month lag between the publication of the data and the availability of the information provided by CRA. For this reason, Statistics Canada publishes revised data the following year, after receiving all the information. In the meantime, the data published for the reference year are preliminary. To avoid possible underestimation, our study period ends in 2002. The preliminary data are not used in this analysis.

The coverage of the survey is national. A questionnaire was sent to all firms performing or funding R&D valued at $1 million or more. The population of firms covered includes those that reported R&D activities in the previous survey, those that claimed tax relief for R&D work performed, those that reported receiving R&D contracts or grants, those that are reported by other firms as funding sources or as performers of R&D, and those that are identified in newspaper articles or trade journals.

The various results in this paper use data collected for the period 1997 to 2002 inclusive. We present cumulative statistics for these six years. This approach has the advantage of taking account of possible changes in the structure of the industry.

We have excluded from our study those industries that reported only capital expenditures. The effect of this exclusion is to eliminate firms that reported performing R&D but reported no employees in R&D, since they were spending only for buildings, land or equipment.

The three basic strategies identified in this document are not mutually exclusive. In this study, these strategies may be treated either in binary mode or using continuous values. In binary

mode, each strategy takes the value 1 if the reporting firm checks at least one of the choices corresponding to the definitions in Appendix A. For each of these strategies, the total amount spent on R&D can be associated with it.

In Statistics Canada's industrial R&D survey, the choice of organizations with which the reporting unit has monetary transactions for R&D purposes was made according to the recommendations of the *Frascati Manual* (OECD, 2002). In this study, a partner is an entity that either provided R&D services by receiving a payment or purchased R&D services by providing funds to the reporting unit. Consequently, this study covers the following types of organizational entities: firms in the same group, that is, parent and affiliated firms; other firms; the government and its agencies; universities; private non-profit organizations; provincial research organizations; industrial research institutes or associations; hospitals, educational and foreign institutions.

A final point to be noted is that when collecting survey data, it is in practice impossible to capture accounting information that is perfectly balanced between the reporting unit that is the source of funding and the unit that reports receiving the funding. There are various reasons why this problem arises, starting with the differences in how R&D is interpreted between the respondent at the source of the payment and the recipient.

5. Descriptive analysis

The RDCI database contains data compiled over a number of years. This analysis focuses on years 1997 to 2002. The use of compiled data implies that a firm may be observed several times over the study period. It may also happen that some firms will appear only once.

Table 1 shows the number of firms for each year covered by the study. The column total represents the number of firm years, that is, the sum of the number of firms over the six years, including observations that may extend from one year to the next.

In the subsequent analysis, this concept of firm year will be applied. Thus, the number 60,577 is the number of observations compiled over the six years.

Table 1
Firms' distribution by country of control

Year	Canadian controlled firms	Foreign controlled firms	Total number of firms
1997	9,109	540	9,649
1998	9,316	468	9,784
1999	9,542	425	9,967
2000	10,418	433	10,851
2001	11,001	434	11,435
2002	8,523	368	8,891
Total years' firms	**57,909**	**2,668**	**60,577**

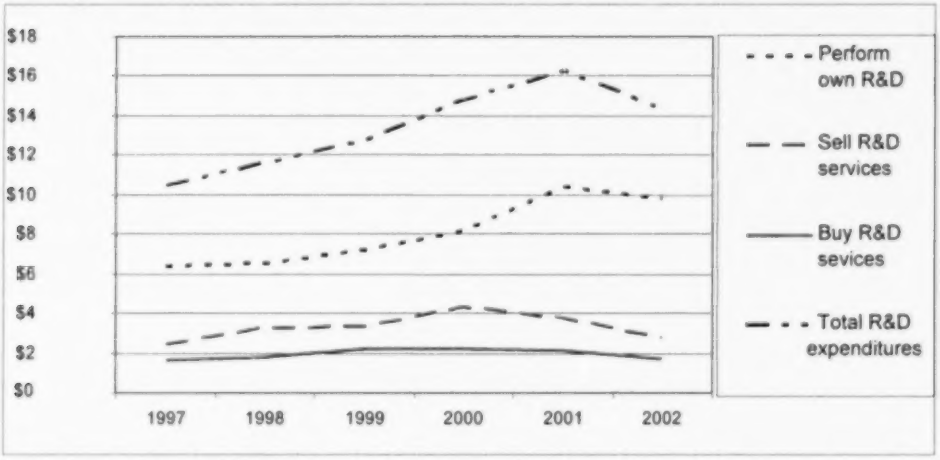
Source: Statistics Canada, RDCI Survey

The number of firms performing R&D declined slightly between 1997 and 2002. Over the same period, the number of Canadian-controlled R&D performers grew steadily except in 2002, when there was a sharp drop in the overall number of performers. Foreign-controlled firms performing R&D accounted for 4.4% of all performers over the period as a whole.

Chart 1 gives an initial picture of how R&D expenditures evolved according to the firm's performance strategy. The "Perform own R&D" strategy is not only the most popular, but it is also

the one that shows the greatest growth over the period from 1997 to 2002. It should be noted that the year 2002 marks a general slowing of industrial R&D expenditures. The "Sell R&D services" and "Buy R&D services" strategic behaviours remained very stable over time. Thus, from 1997 onward, firms performing R&D exhibited more dynamic behaviour in R&D production carried out intramurally (within the walls of the production unit). Strategies involving external partnerships, including those with subsidiaries, were much less dynamic. For these strategies involving external exchanges, the level of exchanges actually declined in absolute terms.

Figure 1
R&D expenditures by strategy for 1997 to 2002 period, (billions of dollars)



Source: Statistics Canada, RDCI survey

In 2002, total expenditures for the three R&D strategies reached more than $14 billion. Expenditures for firms doing their own R&D stood at nearly $10 billion while firms doing R&D for other organizations and those having it done by other organizations had total R&D expenditures of respectively $2.8 billion and $1.7 billion.

For information purposes, the annualized growth of expenditures for the main strategies by industry is shown in Appendix D. Some industries, such as the semi-conductor and other electronic components industry increased their expenditures for all strategies, whereas other industries, such as the non-metallic mineral products industry, reduced their R&D expenditures for all strategies.

Table 2 gives an overview of the distribution of the cumulative number of firms performing R&D over the period 1997 to 2002 according to the strategic option chosen and the country of control. As is immediately apparent, the strategy that consists of performing one's own research is by far the strategy most often used by R&D performers, with 59,019 respondents out of a total of 60,577, or 97% of all observations.

Among those firms performing their own research, 24,590 or nearly 43% of the total of Canadian-controlled firms reported "Performing own R&D" as their only performance strategy. The corresponding proportion for foreign-controlled firms is 35%. In dollar terms, R&D done in-house accounts for almost $49 billion over the period 1997-2002, representing 62% of all R&D transaction amounts (see Table 4).[7]

7. R&D performed by firms that do it exclusively for themselves accounts for 13.6% of the total amount of R&D transactions.

Table 2
Total years' firms by type of strategy and country of control, for the period 1997 to 2002

Strategies	Canadian controlled firms		Foreign controlled firms		Total years' firms	
Perform own R&D	56,540	(97.6)	2,479	(92.9)	**59,019**	**(97.4)**
Sell R&D services	5,089	(8.8)	596	(22.3)	**5,685**	**(9.4)**
Buy R&D services	31,299	(54.0)	1,532	(57.4)	**32,831**	**(54.2)**
Perform own R&D exclusively	24,590	(42.5)	926	(34.7)	**25,516**	**(42.1)**
Sell R&D services exclusively	634	(1.1)	91	(3.4)	**725**	**(1.2)**
Do R&D for affiliated firms	1,627	(2.8)	441	(16.5)	**2,068**	**(3.4)**
Total years' firms		**57,909**		**2,668**		**60,577**

Brackets indicates the number (in percentage) of total years' firms by column
Source: Statistics Canada, RDCI Survey

Doing R&D in-house is thus the most common strategy. The amounts spent on external strategies doing R&D for others or having it done by others account for respectively 24% and 14% of all transaction amounts for R&D purposes. Canadian firms essentially do R&D themselves, do it for others or finally have it done by others.

There are a number of factors that lead firms to fund their R&D internally only, but among the factors most commonly cited in the economic literature is information asymmetry. Information asymmetry implies that one of the co-operating parties holds more information not shared with its partner. Information asymmetry can undermine bonds of confidence between partners, and this can eventually create an obstacle to external partnering. Also, the uncertain nature of R&D and the tacit knowledge that is important in this activity can often cause firms not to share their knowledge with other organizations.

As a result, a large proportion of firms fund their R&D internally only. This finding is consistent with the results of the study by Tether (2002), in which 46% of firms in the United Kingdom have no partners. Our findings also point in the same direction as those reported in Piga and Vivarelli (2003), in which 53% of firms do R&D intramurally only. By contrast, in the study by Veugelers and Cassiman (1999), only 17% of innovators opted for the "Perform own R&D" strategy, but that study is based on data from an innovation survey rather than a survey designed to measure R&D expenditures directly. The study by Kaiser (2002) also found that only 13.6% of firms co-operated for R&D purposes in Germany. Among firms engaging in an R&D partnership, most participated in a vertical association (relationship with customers and suppliers), rather than in a horizontal association (relationship with competitors). The study by Kaiser (2002) concentrates on the service sector only, in which R&D activity is known to be much more diversified and observed only 165 firms co-operating in R&D, which limits the robustness of the results.

The "Buy R&D services" strategy is chosen by 54% of performers. It is interesting to note that in relative terms, this strategy is at least as important for foreign-controlled firms as for firms under Canadian control. More important yet in relative terms for foreign-controlled firms is the "Sell R&D services" strategy, which is chosen by 22% of all foreign-controlled performers, compared to 9% of Canadian performers. However, if these same proportions are compared in terms of the amounts spent (see Table 4), it emerges that foreign- and Canadian-controlled firms spend similar proportions, that is, approximately 23% and 25% respectively.

It is recognized in industry organizational theory that businesses' strategic behaviours are not homogenous according to the size. Table 3 illustrate that most R&D firms (76%) have less than 50 employees.

Businesses with more than 500 employees represent less than 4% of all R&D performers. Nevertheless, whatever performing strategy used, these firms account for 63% of R&D expenditures over 1997 to 2002, more than $49 billion (table 4).

For very large firms, over 2000 employees, the share of outward strategies increase significantly. The "Perform own R&D" strategy remains relatively constant whatever the size. This suggests that the use of outward strategies requires a substantial level of resources, at the level available in large firms. A large absorptive capacity together with a high R&D intensity is required to increase the likelihood of engaging in partnerships, (Leiponen, 2001).

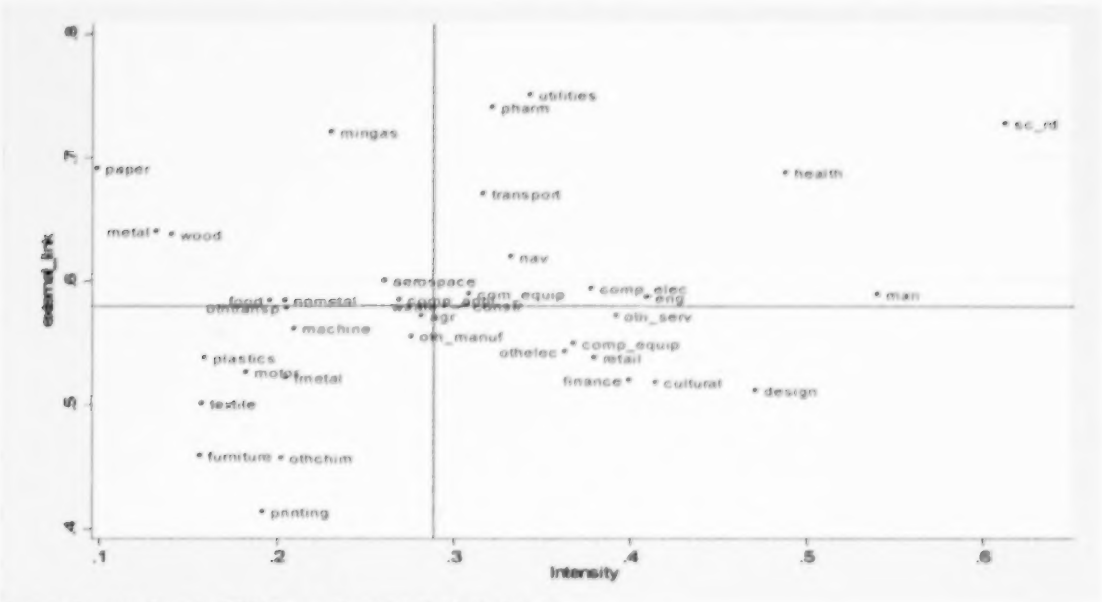
Table 3
Number of years' firms by size and strategies, 1997 to 2002 period

	1-49	50-99	100-199	200-499	500-999	1000-1999	2000-4999	> 4999
Strategy								
Perform own R&D	44,714	5,842	3,703	2,537	905	677	392	249
%	(97.4)	(97.8)	(97.7)	(97.6)	(96.6)	(97.3)	(95.6)	(96.9)
Sell R&D services	4,058	540	372	281	143	118	86	87
%	(8.8)	(9.0)	(9.8)	(10.8)	(15.3)	(16.9)	(20.9)	(33.8)
Buy R&D services	24,493	2,225	2,096	1,508	537	452	318	202
%	(53.3)	(37.2)	(55.3)	(58.0)	(57.3)	(64.9)	(77.6)	(78.6)
Total years' firms	45,914	5,973	3,790	2,600	937	696	410	257

Numbers in brackets are percentages of years' firms for each strategy compared to total number of firms by size class.
Source: Statistics Canada, RDCI Survey

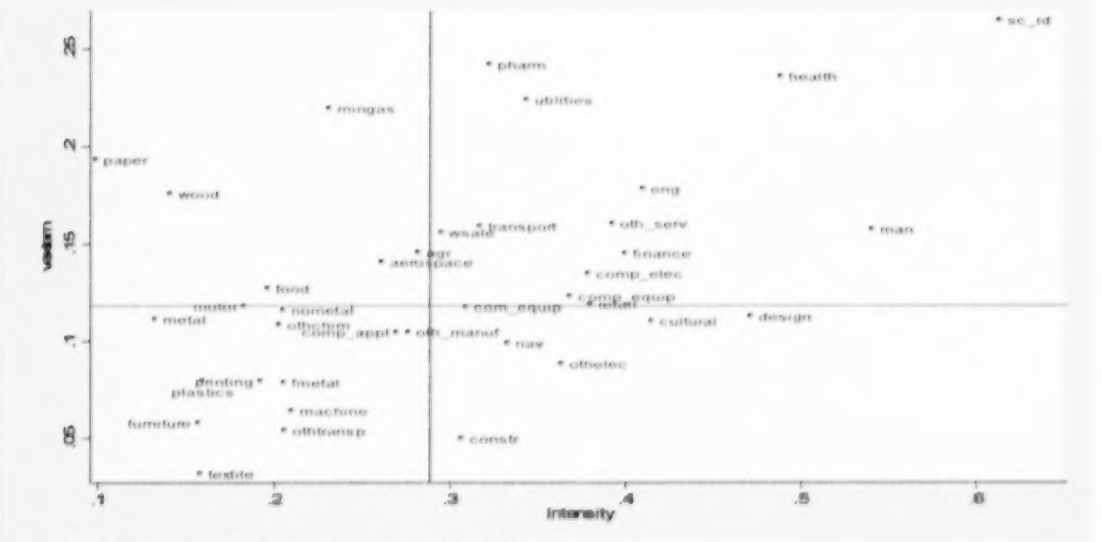
It is remarkable to see how important the "Sell R&D services" strategy is for firms with more than 4,999 employees (34%). This observation also applies to the relative importance of large firms with respect to expenditures on R&D. As Table 4 shows, for firms with more than 500 employees, the "Sell R&D services" and "Buy R&D services" strategies account for respectively $14 billion and $7 billion, or 75% and 68% of total expenditures on each of these strategies, whereas the corresponding percentage for the "Perform own R&D" strategy is only 58%. In comparison, expenditures on the "Perform own R&D" strategy by firms with fewer than 50 employees account for 15% of total expenditures on this strategy, while the percentages for the "Sell R&D services" and "Buy R&D services" strategies are only 8% and 14% respectively.

Figure 2
R&D intensity by industry and propensity to forge external links



Source: Statistics Canada, RDCI Survey. See Appendix for definitions

Figure 3
R&D intensity by industry and relative propensity to expend in R&D for external links



Source: Statistics Canada, RDCI Survey. See Appendix for definitions

As already noted, the theoretical literature with Leiponen (2001) and the applied literature with Belderbos et al. (2004) make much of the positive relationship that exists between R&D intensity and the different types of external relationships that R&D performers may have. We analyse the effects of these types of relationships in Section 6. But before engaging in such an analysis, it is important to differentiate industries according to R&D intensity and their propensity to enter into partnerships with outside players.[8] This allows us to form four separate groups of industries according to these characteristics. In figures 2 and 3, the horizontal and vertical lines represent the medians separating axes into four separate quadrants.

Figures 2 and 3 show types of relationship for the various observations over the period 1997 to 2002. The difference between these two figures is attributable to the y-axis, where in the first case we reported external relationships (external-link) in terms of the number of relationships by industry,[9] whereas the second figure illustrates R&D expenditures associated with external relationships (vextern).

As expected, R&D intensity, in relation to the propensity to forge external links does not vary significantly according to the number of external relationships per industry or the associated amounts of R&D expenditures. Only certain industries construction, textiles, navigational instruments, measuring, medical and control instruments, other services and finance underwent major changes. The finance industry went from being an industry with high-intensity R&D status and a low number of external relationships to being a high-intensity R&D industry with a high propensity to spend for R&D services (figure 3).

The scientific research and development services industry shows both the highest level of R&D intensity and the highest propensity to forge external links. The pharmaceutical and medicine industry and the utilities industry, as well as the health care and social assistance industry, are also high R&D-intensity industries with a high level of external relationships. The pharmaceutical industry accounts for a sizable share of firms conducting biotechnology activities. The utilities industry includes distributors of electricity and gas and sanitation services. In both these industries, the level of research and external links is naturally high, owing to the nature of the activity involved. The importance of external relationships and complementarities was already highlighted in earlier research, namely Arora and Gambardella (1990).

In the lower left quadrant is the group of industries with a low level of R&D intensity and a low level of external relationships. The industries in this group include plastic products, petroleum products, machinery, furniture and related products, printing, and motor vehicles and parts. Most of these industries are indeed low-intensity R&D industries; our findings corroborate the indicators of current intramural R&D expenditures as a percentage of the performing firm's revenues, reporting Table 12 of Statistics Canada (2004). Many of the industries found in this part of figures 2 and 3 are subcontracting or primary processing production units. They have few research laboratories and have reached a state where they no longer really produce research; in particular, this is the case with the automotive and textile sectors, in which R&D is done elsewhere than in Canada.

In the group of industries that have low-intensity R&D and a high propensity to engage in external relationships, there are paper products, wood products, primary metal manufacturing and mining and oil and gas extraction. These industries require a high level of specialized skills. They have a high level of know-how and probably carry on many inter-industry exchanges. However, these are also industries in which there are large economies of scale and the average number of

8. R&D intensity is the ratio of full-time employees assigned to R&D to the total number of employees in the firm. The propensity to forge external links is calculated in the first figure as the percentage of outside links, other than with subsidiaries, by industry. Figure 2 illustrates the amount of expenditures associated with this propensity out of the total transaction amounts for all strategies.

9. To count the number of relationships, a dichotomous variable takes the value 1 if the firm in a given industry reports having had monetary transactions for R&D purposes with an external organization other than a subsidiary (i.e., with a university, research centre, hospital, etc.).

employees per firm is among the highest. Another point to be noted is that this is the quadrant with the fewest industries, which tends to support the commonly held idea that it is the high-intensity R&D sectors that have the most external ties.

Lastly, many industries fall into a central tendency zone, that is, near the centre of the median axes. This is notably the case with agriculture, forestry, fishing and hunting, communications equipment, semiconductors and other electronic components, wholesale trade, and aerospace products and parts.

Table 4 shows that the manufacturing sector does much more R&D intramurally than does the service sector.

Of all firms that receive federal grants a total of 4,081 firms perform and fund their own R&D for a total of $10,243 million. While only 6.7% of all firms that perform R&D received federal grants, those firms account for 21% of total expenditures devoted to the "Perform own R&D" strategy, 20% of those devoted to the "Sell R&D services" strategy and 22% of those devoted to the "Buy R&D services" strategy. Thus the amount that grant-receiving firms spend on R&D is out of proportion with their numbers.

The group of industries with high-intensity R&D and a high level of external relationships spend the most on R&D, regardless of the strategy adopted.

Figure 4 shows that R&D activities are highly concentrated. Foreign-controlled firms account for only 4.6% of all performers but generate 32% of all R&D expenditures. Firms that receive federal grants account for only 6.4% of all performers, but they generate 21% of all R&D expenditures. The manufacturing and service sectors represent respectively 9.8% and 3.7% of performers but generate 66% and 30% of expenditures.

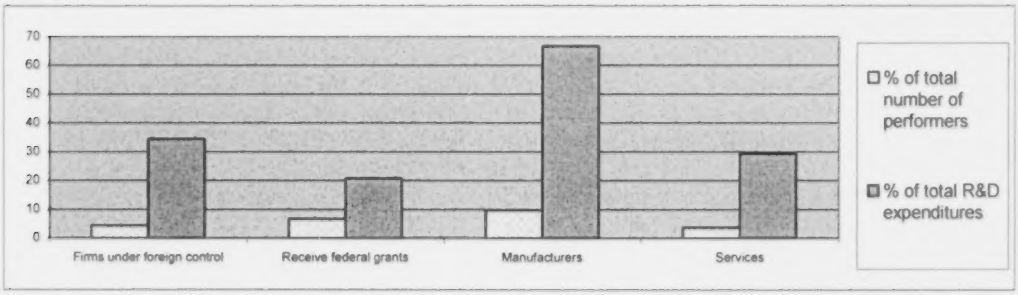
Table 5 illustrates how R&D performance strategies are defined. The amounts indicated in this table show the source and destination of R&D funding for firms performing R&D. Almost $49 billion in funding was provided between 1997 and 2002 by firms performing R&D for themselves, as shown in the first column. This does not mean that those firms did not also have external funding, or that they did not pay to have R&D performed by other organizations.

Table 4
Breakdown of the total amount expended by type of strategy for R&D purpose according to characteristics of the firm, for the period 1997 to 2002 (millions of dollars)

Characteristics	Perform own R&D	Sell R&D services	Buy R&D services	**Total**
Canadian controlled firms	33,673	12,239	7,029	**52,941**
Foreign controlled firms	14,945	6,525	3,999	**25,469**
Less than 50 employees	7,278	1,548	1,410	**10,237**
Between 50 and 499 employees	13,230	3,197	2,185	**18,612**
More than 500 employees	28,110	14,019	7,431	**49,560**
Receive R&D grants from Federal Government	10,243	3,748	2,403	**16,394**
Don't receive R&D grants from Federal Government	38,374	15,016	8 624	**62,014**
Manufactures	30,755	13,956	7,098	**51,809**
Services	15,596	4,503	3,252	**23,351**
High level of R&D Intensity/High level of external link	19,971	13,818	7 220	**41,009**
High level of R&D Intensity/Weak level of external link	8,715	1,587	891	**11,193**
Weak level of R&D Intensity/High level of external link	9,754	1,490	1,071	**12,315**
Weak level of R&D Intensity/Weak level of external link	10,159	1,869	1,848	**13,876**
Perform own R&D exclusively (current activity)	10,697	-	-	**10,697**
Sell R&D services exclusively (current activity)	-	1,811	-	**1,811**
Total expenditures by Strategy	**48,618**	**18,764**	**11,027**	**78,409**

Source: Statistics Canada, RDCI Survey

Figure 4
Percentage of firms and R&D expenditures for selected group of firms, for the period 1997 to 2002



Source: Statistics Canada, RDCI survey

The second column shows the amount of payments associated with organizations that pay firms to do R&D. Nearly 80% of transaction amounts are from subsidiaries, with a large proportion from foreign subsidiaries. Nevertheless, government contracts account for 5% of payment sources. Government is the fourth-ranking partner for firms that perform R&D. Over the six-year period, Canadian firms provided $863 million in R&D services to government. Thus, when a firm performs R&D, it does it mainly for its subsidiary or for another firm.

The last column in table 5 shows organizations that are also partners to whom firms make payments for the performance of R&D. Once again, subsidiaries and firms account for the large majority of transactions. Universities (domestic and foreign) rank third in importance as partners of firms that have R&D done, with nearly $865 million for performing R&D services. Of this amount, 12% goes to foreign universities. Hospitals outrank research institutes and associations in terms of amounts spent on research and development.

The reason why firms enter into R&D relationships with universities, and more generally with research institutes or the academic sphere, is not necessarily to obtain a product or innovation that can be commercialized. More often the main reason for entering into an agreement is either the long-term relationship or the prestige of the university, institute or researchers (Tether, 2002). This could also explain why partnerships with universities are so important. It should be kept in mind that our database covers all industries and all sizes of firms. For small firms, partnership with universities is often the only way to acquire necessary resources, as well as a way to access cutting-edge technology. This may also possibly explain why firms have more R&D performed by universities than they perform for universities.

Lastly, it is useful to note that small firms (those with fewer than 50 employees) account for the lions' share of R&D performers (see table 3). Small firms are more often involved in the early stages of development. This makes them less vulnerable to the problems arising from partnership in the later stages of development of a research project. For example, large firms that commercialize products resulting from R&D activity are more exposed than smaller firms to the problem of appropriation when they must co-operate with customers and suppliers, to say nothing of competitors (Veugelers and Cassiman, 2003). Consequently, the nature of projects in partnership with universities and research centres makes small firms less vulnerable to the issue of appropriation, which might explain the success of relationships between firms and universities, especially for small firms.

In all, inter-firm transactions and transactions between firms and their subsidiaries total more than $24 billion, representing 81% of all external transactions (excluding intramural R&D amounts of almost $49 billion). In other words, partnership outside affiliated firms accounts for 19% of all external transactions.

Thus, other than their spending with subsidiaries, firms mainly spent with other firms. R&D complementarities are primarily achieved through firm-to-firm relationships. However, this is a relatively risky type of relationship, since it also opens the door to competition. As indicated in Table 3, as firm size increases, so does the proportion of firms that have R&D performed by others. This may be explained by the fact that large firms have less to fear from competition from other firms with which they voluntarily do business, provided that they share only a limited portion of their knowledge.

Table 5
Total R&D expenditures for each main strategy by sources and destinations of payments for R&D purpose, for the period 1997 to 2002 (millions of dollars)

Organization at the source or destination of payments	Perform own R&D	Sell R&D services (source)	Buy R&D services (destination)
Reporting unit + R&D grants from federal government	48,618	-	-
Parent or affiliated company	-	1,832 (9.8)	1,832 (16.6)
Parent or affiliated foreign company	-	13,130 (70.0)	5,285 (47.9)
Firms	-	1,089 (5.8)	1,089 (9.9)
Foreign firms	-	1,670 (8.9)	762 (6.9)
Government	-	863 (4.6)	-
Private non-profit organizations + Provincial research organizations	-	-	24 (0.2)
Industrial research institutes or associations	-	-	326 (2.9)
Hospitals	-	-	516 (4.7)
Universities	-	-	762 (6.9)
Foreign universities	-	-	103 (0.9)
Other (government, educational institutions)	-	180 (0.9)	328 (3.0)
Total expenditures by strategy	**48,618**	**18,764**	**11,027**

Brackets indicate the amount in percentage of the total by column.
Source: Statistics Canada, RDCI Survey

In the introduction and the section on motivations for entering into a partnership, we noted the importance of complementarities as one of the main factors motivating R&D performers to obtain outside resources. Intramural research is commonly considered a prerequisite for any external acquisition of or investment in R&D. Accordingly, a positive correlation between intramural and extramural R&D is to be expected The literature offers ample evidence of the complementarity between intramural and extramural R&D, but in almost all cases that evidence is based on discrete values. Table 6 shows the complementarities in terms of amounts spent on R&D for the strategic options for R&D performance. The amounts indicate, assuming a given strategic option, how many dollars were spent on R&D for the other strategic options. For example, performers opting for the "Perform own R&D" strategy spent almost $15 billion on the "Sell R&D services" strategy and $9 billion on the "Buy R&D services" strategy.

Table 6
R&D expenditures complementarities by different strategies' combinations, 1997 to 2002 (millions of dollars)

	Perform own R&D	Sell R&D services	Buy R&D services
Conditionally:			
Perform own R&D	48,627	14,898	9,461
Sell R&D services	15,262	18,764	7,616
Buy R&D services	35,927	1,562	11,027

Source: Statistics Canada, RDCI Survey

Thus, it may be seen that opting for the "Buy R&D services" strategy implies expenditures of nearly $36 billion for perform own R&D. Performers that do R&D for other organizations have $15 billion in intramural expenditures on R&D services. The most significant apparent complementarities are therefore between the "Buy R&D services" and the "Perform own R&D" strategies and between "Sell R&D services" and "Perform own R&D". This would indicate that there are indeed complementarities between internal and external strategies. Cassiman and Veugelers (2002) also pointed out that firms that adopt the in-house innovation strategy introduce far fewer innovative products and processes than firms that combine internal and external

resources. Such a combination is the result of complementarities between internal and external R&D. This finding is consistent with the observations of Piga and Vivarelli (2003), for whom the decision to enter into an external R&D relationship depends on an earlier decision to conduct R&D activities.

Firms that opted for a "Sell R&D services" strategy performed only $7.6 billion worth of R&D services in the form of purchases of R&D services. Firms that adopted a "Buy R&D services" strategy sold $1.5 billion worth of such services.

6. Multinomial analysis of R&D performance strategies

A firm must choose from among several options regarding its organizational strategy. It can perform R&D for itself, perform it for other organizations, have it performed by other organizations or opt for a combination of these strategies.[10] The following analysis illustrates how a firm makes simultaneous choices regarding the six mutually exclusive strategies available to it. Through this simultaneous decision-making (taking the alternative choices into account), the firm's decision to maximize its profits takes the various possible alternatives into consideration.

The assumptions associated with the multinomial logit model (MLM) are based on precisely this type of decision. This model is appropriate for estimating how the characteristics that influence the firm's decision affect the likelihood of opting for a given strategy.

The estimation of this type of model must nevertheless satisfy the assumption technically known as the *independence of irrelevant alternatives* (IIA). In the case of an MLM, this assumption reflects the fact that the relationship of two probabilities associated with two specific events is independent of other events. Appended are the results of Hausman tests that compare the estimated coefficients of a model based on the six strategy choices with estimates of a limited model that excludes one of the strategies.

6.1 Variables

Our database limits our choice of the independent variables that determine the firm's strategic decision regarding R&D performance. We can nevertheless control the firm's decision for the most common variables found in this type of study.

In accordance with the "Schumpeterian" approach, large firms traditionally have an advantage in terms of their ability to produce research and innovate (Veugelers and Cassiman, 1999; Breschi et al., 2000). However, the relationship between the size of the firm and its strategic choice on how to conduct R&D is not necessarily a linear function. It is therefore useful to verify the relationship that exists between the size of the firm in terms of the number of employees and the type of strategic decision made by it.

The motivations that lead foreign-controlled firms to do research in the host country for themselves, do it for others or have it done by other organizations depend on numerous factors: policies supporting R&D, the tax environment, etc. It is assumed that national firms and foreign-controlled firms take the same factors into consideration, but the weighting that they assign to these factors may differ. For example, foreign-controlled firms may seek endowment complementarities in host countries. If this is the case, we should observe a difference in performance strategies for foreign-controlled firms. These firms should more often opt for "Sell R&D services" and "Buy R&D services" strategies. The descriptive analysis yielded some partial answers pointing in this direction. The task now is to determine the impact of this variable on the

10. It should be kept in mind that firms that are categorized to the "Buy R&D services exclusively" strategy had only R&D capital expenditures and no current expenditures. We intentionally excluded these firms from our study, and therefore this strategy is not included in our analysis.

different strategies, controlling for the co-variation induced by the other independent variables. Country of control is a dichotomous variable that takes the value 1 when the country of control is Canada.

The study of Belderbos et al. (2004) showed that R&D intensity (R&D_intensity) in terms of the number of employees assigned to R&D as a proportion of total employment varies according to the type of partner. R&D intensity has an impact on the way R&D is performed. Firms with high-intensity R&D have a higher level of knowledge appropriation and are therefore less concerned by the risk of sharing knowledge that comes with a partnership relationship. In such a situation, the firm might opt for a strategy of doing R&D for other organizations or doing it for itself. We will also introduce the square of intensity $(R\&D_intensity)^{(2)}$ in order to take the non-linearity of the relationship into account. Beyond a certain level of intensity, the firm's absorptive capacity declines as the effects of economies of scale diminish (Belderbos et al., 2004).

Finally, we will test the hypothesis that industries that have the characteristic of being both R&D-intensive and open to partnership have a higher propensity to produce research for other organizations.

6.2 Results

Tables 7 and 8 report the marginal effects of the independent variables on the probability of choosing one of the six research and development performance strategies. Coefficients indicate the impact on the probability of choosing one of these strategies compared to the other choices considered.

For each table, a different specification applies. In the first case (Table 7), independent variables include size, country of control, R&D intensity and sectoral differentiation. In the second case (Table 8), we replaced the variables R&D intensity and sectoral differentiation with four dichotomous variables that cover the different industry groups according to characteristics that reflect both R&D intensity and the level of openness to relationships with external partners (other than subsidiaries). These variables identify the quadrants in charts 2 and 3. For these two specifications, the reference strategy chosen is the "Perform own R&D" strategy.

Table 7 (First specification)
Logit multinomial model marginal impacts of various strategies compiled data for 1997 to 2002 period[11]

	Perform own R&D	Sell R&D services	Perform own R&D and Sell R&D services	Perform own R&D and Buy R&D services	Perform own R&D, Sell and Buy R&D services	Sell and Buy R&D services
Log of the number of employees	-0.043 (-24.44)	0.002 (9.36)	0.007 (17.67)	0.019 (11.15)	0.013 (28.70)	0.002 (6.60)
Country of control	-0.003 (-0.35)	-0.018 (-5.69)	-0.008 (-2.53)	0.078 (7.37)	-0.023 (5.65)	-0.026 (-6.19)
R&D Intensity	-0.435 (-16.02)	0.044 (11.75)	0.103 (15.59)	0.042 (1.58)	0.196 (23.24)	0.050 (11.13)
R&D Intensity squared	0.223 (9.48)	-0.025 (-7.76)	-0.070 (-11.74)	0.030 (1.31)	-0.131 (-17.11)	-0.027 (-7.08)
Manufacture	0.070 (8.12)	-0.006 (-4.76)	-0.011 (-5.06)	-0.035 (-3.99)	-0.012 (-4.12)	-0.006 (-4.22)
Services	0.063 (7.27)	-0.0006 (0.49)	-0.003 (-1.55)	-0.057 (-6.65)	-0.003 (-1.00)	0.0001 (0.10)
Probability to choose a strategy	42.70	0.80	2.14	49.71	3.64	1.01
Number of observations	60451					
Likelihood	-61776.7					
Pseudo R2	0.0266					

Between brackets significant at 5%
Source: Statistics Canada, RDCI Survey

The data show that the "Perform own R&D" and "Perform own R&D and Buy R&D services" strategies have the strongest probabilities of being chosen, regardless of how the multinomial model is specified.

Table 7 shows that while significant, the increase in firm size in terms of number of employees has a negligible impact on the choice of strategies for the performance of R&D. An increase in the number of employees increases the probability of opting for all strategies except the "Perform own R&D" strategy.

On the other hand, being a Canadian-controlled firm increases the chances of opting for the "Perform own R&D and Buy R&D services" strategy by 7.8% but reduces the chances of opting for the other strategies.

As expected, the effect of the level of R&D intensity on strategy choices is positive and concave, since the coefficients are positive for the terms that capture the linearity of the relationship and negative and significant for the quadratic terms, with the exception of the "Perform own R&D" strategy where the relationship is reversed. An increase in R&D personnel reduces the likelihood of choosing to do R&D for oneself but increases the likelihood of doing it for others. If the firm opts to do R&D for itself, then increasing its R&D personnel would result in increases of its marginal absorptive capacity. These results are consistent with the findings of Belderbos et al. (2004).

11. Specification after elimination of firms reporting zero employees.

Table 8 (second specification)
Logit multinomial model marginal impacts of various strategies, compiled data for 1997 to 2002 period[12]

	Perform own R&D	Sell R&D services	Perform own R&D and Sell R&D services	Perform own R&D and Buy R&D services	Perform own R&D, Sell and Buy R&D services	Sell and Buy R&D services
Log of the number of employees	-0.013 (-10.32)	-0.0005 (-2.18)	0.003 (7.97)	0.006 (5.02)	0.006 (14.28)	-0.001 (-5.86)
Country of control	0.0426 (4.03)	-0.035 (-6.76)	-0.014 (-3.77)	0.084 (8.05)	-0.034 (-7.15)	-0.044 (-7.23)
High level of R&D Intensity/High level of external link	-0.097 (-19.60)	0.012 (8.61)	0.023 (11.31)	-0.004 (-0.73)	0.051 (18.27)	0.015 (9.32)
High level of R&D Intensity/Weak level of external link	-0.060 (-8.89)	-0.002 (-1.39)	-0.007 (-3.75)	0.068 (9.82)	-0.0008 (-0.30)	0.001 (0.84)
Weak level of R&D Intensity/High level of external link	0.003 (0.55)	0.011 (8.53)	0.008 (5.13)	-0.034 (-6.82)	0.004 (2.18)	0.008 (5.45)
Probability to choose a strategy	42.58	0.97	2.23	49.26	3.78	1.18
Number of observation	60 451					
Likelihood	-62367.7					
Pseudo R2	0.0173					

Between brackets significant at 5%
Source: Statistics Canada, RDCI Survey

Sectoral differentiation has only a slight impact on the firm's decision as to the strategy chosen.

The second specification (Table 8) reveals that all things being otherwise equal, industries that are highly R&D intensive and open to relationships with external partners other than subsidiaries reduce their probability of doing R&D for themselves but increase their probabilities for all alternative strategies. Thus, an increase in the number of firms that fit the characteristics of high R&D intensity industries and openness to external relationships would increase the likelihood of doing R&D by a combination of strategies rather than doing it intramurally. This finding suggests that an increase in certain industries such as the pharmaceutical industry could generate an increase in the use of strategies that involve exchanges of services for R&D purposes. As the results of our analysis show, having a high level of both R&D intensity and openness to external relationships yields a 5.1% increase in the chances of doing R&D by combining the three main performance strategies, namely "Perform own R&D" "Sell R&D services" and "Buy R&D services"

As in the first specification, being a Canadian-controlled firm increases the chances of opting for the "Perform own R&D and buy R&D services" strategy but also the internal strategy that consists in doing R&D exclusively for oneself. In both cases, the impact is sizable and significant. Thus, being a Canadian-controlled firm increases the chances of opting for the strategy of doing R&D for oneself by 4.3%. These results confirm the descriptive analysis, which showed us that proportionally more foreign-controlled firms do R&D for other organizations, while Canadian-

12 Specification after elimination of firms reporting zero employees.

controlled firms tend to do their R&D themselves or have other organizations do it. However, it should be kept in mind that in terms of amounts, the relationship is reversed: Canadian firms spend more to do R&D for other organizations and foreign-controlled firms spend relatively more to have R&D done by other organizations; (see Table 4).

7. Conclusion

This study expands our thinking on the choice of R&D performance modes. In previous studies, firms' strategic choices regarding R&D performance are essentially binary: either the firm has R&D performed in-house or it obtains R&D services through an external partnership. Drawing on data from the R&D survey conducted by Statistics Canada, we have expanded this concept of performance mode. We have shown that the R&D performer can do R&D for its own purposes or have it done by other organizations, or it may also do it for other organizations.

We presented these different R&D performance modes in the form of different relationships with external partners but also with subsidiaries. For this purpose, the intensity of the relationship was quantified in monetary terms and not by merely counting the firms involved, as is more often done in the empirical literature.

The study showed that 62% of R&D expenditures are of internal origin and 38% are of external origin. More specifically, 24% of all transaction amounts for R&D purposes are for R&D performed by firms for other organizations. The R&D that Canadian firms have others perform for them accounts for 14% of all transaction amounts for R&D purposes. The more in-depth examination also revealed that of the percentage of transaction amounts spent on external strategies, 81% was spent in relations between firms and their subsidiaries. Consequently, the use of external partnerships other than with subsidiaries covers only 19% of R&D transaction amounts for the sale or purchase of R&D services.

Forty-two percent of firms performing R&D produce research internally only, with no partnership relationship. These firms that do only in-house R&D spent $10.7 billion on R&D, representing 13% of total expenditures recorded in transactions for the various R&D strategies. Essentially, partnerships with other firms and between firms and their subsidiaries explain most of the amounts transacted for R&D purposes, that is, more than $22 billion out of the $30 billion in transactions for all strategies other than "Perform own R&D" over the period 1997 to 2002. Governments account for 5% of payment sources for firms that do R&D for other organizations. Universities too are a relatively important external organization. Nearly 8% of all amounts spent on R&D performed by other organizations come from universities, and 5% from hospitals. Other organizations such as private non-profit organizations and provincial research centres contribute to a very small extent to the amounts exchanged for R&D. We have shown that the manufacturing sector relatively does R&D for other organizations and that the service sector has R&D done by other organizations.

Consistent with hypotheses found in the literature, entering into external R&D relationships requires a pre-existing absorptive capacity. In other words, to opt for a "Sell R&D services" or "Buy R&D services" strategy requires a degree of complementarity with the strategy that consists in doing R&D for oneself.

Finally, multivariate analysis identified the determinants of each strategy. This analysis revealed that firm size is a factor that has little impact on the choice of a strategy. Another interesting highlight revealed by this analysis is that belonging to a Canadian-controlled firm increases the chances of doing R&D exclusively in-house. Thus, foreign-controlled firms are more likely to carry out R&D activities in the form of a partnership. Lastly, we showed that R&D intensity and the degree of openness to external partnership relationships (other than with subsidiaries) at the industry level are variables with differing effects on the choice of strategy.

References

Anderson, F., McNiven, C., Rose, A., (2002). An Analysis of Patterns of Collaboration in Canadian Manufacturing and Biotechnology Firms: In Networks, Alliances and Partnerships in the Innovation Process. Edited by John de la Mothe and Albert N. Link. Kluwer Academic Publishers 28, 47-66.

Arrow, K. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention. In R. Nelson (Ed). The Rate and Direction of Inventive Activity. *Princeton University Press, Princeton, NJ, 609-626.*

Arundel, A., Bordoy, C. (2002). In-House versus Ex-House: The Sourcing of Knowledge for Innovation. Networks, Alliances and Partnerships in the Innovation Process. Edited by John de la Mothe and Albert N. Link. Kluwer Academic Publishers 28, 67-87.

Arora, A., Gambardella, A. (1990). Complementarity and external linkages: the strategies of large firms in biotechnology. *Journal of Industrial Economics 38, 361-379.*

Bayona, C., Garcia-Marco, T., Huarta, E. (2001). Firms' motivations for cooperative R&D: an analysis of Spanish firms. *Research Policy 30, 1289-1307.*

Belderbos, R., Carree, M., A., Diederen, B., Lokshin, B., Veugelers, R., (2004). Heterogeneity in R&D cooperation strategies. *International Journal of Industrial Organization 22, 1237-1263.*

Bönte, W., Keilbach, M. (2005). Concubinage or marriage? Informal and formal cooperations for innovation. *International Journal of Industrial Organization 23, 279-302.*

Breschi, S., Malerba, F., Orsenigo, L. (2000). Technological Regimes and Schumpeterien Patterns of Innovation. *Economic Journal 110, 388-410.*

Cassiman, B., Perez-Castrillo, D., and Veugelers, R. (2002). Endogenizing know-how flows through the nature of R&D investments. *International Journal of Industrial Organisation, 20, 775-799.*

Cohen, W.M., Levinthal, D.A. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly 35,128-152.*

Davy, I. (2004). Le paradoxe de la compétitivité en Europe: quel rôle pour les alliances technologiques? *Une application à l'industrie européenne des semi-conducteurs.* Ed. L'Harmattan, Paris.

Fritsch, M., Lukas, R. (2001). Who cooperates on R&D? *Research Policy 30, 297-312.*

Harrigan, K. R. (1985). Strategies for Intrafirm Transfers and outside Sourcing. *The Academy of Management Journal 28, 914-925.*

Hagedoorn, J., Link, A., Vonortas, N. (2000). Research partnerships. *Research Policy 29, 567-586.*

Hagedoorn, J., Kranenburg, H.V. (2003). Growth patterns in R&D partnerships: an exploratory statistical study. *International Journal of Industrial Organization 21, 517-531.*

Kamien, M.I., Zang, I. (2000). Meet Me Halfway: Research Joint Venture and Absorptive Capacity. *International Journal of Industrial Organization 18, 995-1012.*

Kleinknecht, A., Reijnen, J. (1992). Why do firms cooperate on R&D? An empirical study. *Research Policy 21, 347-360.*

Leiblein, M.J., Reuer, J.J and Dalsace, F. (2002). Do make and buy decisions matter? The influence of organizational governance on technological performance. *Strategic Management Journal 23, 817-833.*

Leiponen, A., (2001). Why do firms not collaborate? The role of competencies and technological regime. In: Kleinknecht, A., Mohnen, P. (Eds), Innovation and Firm Performance: Econometric Exploration of Survey Data. Palgrave, 253-277.

Mahoney, J., (1992). The Choice of Organizational Form: Vertical Financial Ownership versus Other Methods of Vertical Integration. *Strategic Management Journal 13, 559-584.*

Miotti, L., Sachwald, F. (2003). Co-operative R&D: Why and with whom? An integrated framework of analysis. *Research Policy 32, 1481-1499.*

Narula, R. (2001). Choosing between internal and non-internal R&D activities: some technological and economic factors. *Technology Analysis & Strategic Management Journal 19, 1063-1077.*

OECD, (2002). Frascati Manual. Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development.

Piga, C. A., Vivarelli, M. (2003). Internal and External R&D: a Simple Selection Approach. Discussion Papers N.0504, on Entrepreneurship, Growth and Public Policy.

Radnor, M. (1991). Technology acquisition strategies and processes: a reconsideration of the make versus buy decision. *Journal of Technology Management, 113-135.*

Rose, A., (1994). Strategic R&D Alliances. Statistics Canada, *In: Services Indicators, Catalogue No. 63-016, Vol.1 (3), Ottawa*

Sakakibara, M. (1997). Heterogeneity of Firm Capabilities and Cooperative Research and Development: An Empirical Examination of Motives. *Strategic Management Journal 18, 143-164.*

Statistics Canada (2004). *Industrial Research and development, 2003.* Statistics Canada, Science, Innovation and Electronic Information Division, Catalogue No. 88-202- XIE, Ottawa.

Tether, B. S. (2002). Who co-operates for innovation, and why. An empirical analysis. *Research Policy 31, 947-967.*

Veugelers, R. (1997). Internal R&D expenditures and External Technology Sourcing. *Research Policy 26, 303-316.*

Veugelers, R., Cassiman, B. (1999). Make and buy in innovation strategies: Evidence from Belgian manufacturing firms. *Research Policy 28, 63-80.*

Veugelers, R., Cassiman, B. (2003). R&D Cooperation between Firms and Universities, Some empirical evidence from Belgian manufacturing. *CEPR Discussion Paper No.2157.*

Appendix A. Definitions

(1) Perform own R&D: R&D intramural work performed or funded within the reporting unit (including Federal grants).

(2) Sell R&D services: R&D performed by the reporting unit but funded by other organizations (including Parent, affiliated and subsidiary companies) where the results are transmitted to funds' purveyor.

(3) Buy R&D services: R&D work performed by other organizations (including parent, affiliated and subsidiary companies) and paid by the reporting unit.

Appendix B. Tests for validity of Independence from Irrelevant Alternatives (IIA) - Hausman-Type test

Table 9 Hausman-type test (IIA) for model 1

Omitted Strategy	chi2(28)	Prob>chi2	Ho
Sell R&D Services	36.45	0.1059	Not reject
Perform own R&D and Sell R&D services	14.98	0.9696	Not reject
Perform own R&D and Buy R&D services	-2.35	-	Statistics not defined
Perform own R&D, Sell and Buy R&D services	25.78	0.5308	Not reject
Sell and Buy R&D services	27.55	0.4883	Not reject

Table 10 Hausman-type test (IIA) for model 2

Omitted Strategy	chi2(28)	Prob>chi2	Ho
Sell R&D Services	-114.40	-	Statistics not defined
Perform own R&D and Sell R&D services	-6.67	-	Statistics not defined
Perform own R&D and Buy R&D services	16.18	0.8815	Not reject
Perform own R&D, Sell and Buy R&D services	41.62	0.0142	Not reject
Sell and Buy R&D services	55.89	0.0002	Not reject

Appendix C. Table of simple correlations (N=60451)

	Log of the number of employees	Country of control	R&D Intensity	Manufacturing	Services	High level of R&D Intensity/ High level of external link	Weak level of R&D Intensity/ High level of external link	High level of R&D Intensity/ Weak level of external link	Weak level of R&D Intensity/ Weak level of external link
Log of the number of employees	1.0000								
Country of control	-0.3280	1.0000							
R&D Intensity	-0.6294	0.0986	1.0000						
Manufacturing	0.2716	-0.0884	-0.2757	1.0000					
Services	-0.2579	0.0869	0.2900	-0.8776	1.0000				
High level of R&D Intensity/High level of external link	-0.1157	0.0229	0.1787	-0.2055	0.2527	1.0000			
Weak level of R&D Intensity/High level of external link	0.1781	-0.0868	-0.1351	0.3207	-0.3389	-0.1904	1.0000		
High level of R&D Intensity/Weak level of external link	-0.1429	0.0745	0.1870	-0.4935	0.5711	-0.2428	-0.2142	1.0000	
Weak level of R&D Intensity/ Weak level of external link	0.1171	-0.0332	-0.2306	0.4361	-0.4412	-0.4290	-0.2759	-0.4826	1.0000

Appendix D. Annual growth of R&D expenditures by industry

Industrial classification RDCI	Number of observations (% of total)	Annual rate of growth (1997-2002) For R&D expenditures		
		Do for oneself	Do for others	Have others do
Agriculture, forestry, fishing and hunting	1623 (2.68)	+ + +	+ + +	+ +
Mining and oil and gas extraction	622 (1.02)	-	+ + +	- -
Utilities	289 (0.48)	- - -	+ + + +	+ + + +
Construction	1422 (2.34)	-	+ + + +	+ + + +
Food, beverage and tobacco	1779 (2.93)	-	- - - -	+
Textiles	735 (1.21)	+ + +	- - - -	- -
Wood products	858 (1.42)	- -	+ + + +	+ + + +
Paper Products	585 (0.96)	+ + + +	-	- - -
Printing	433 (0.71)	+ + + +	- - - -	- - - -
Pharmaceutical and medicine	543 (0.89)	+ + + +	+ + + +	-
Other chemicals	1856 (3.06)	+ +	+ + +	+ + + +
Petroleum and coal products, plastic products, rubber products	2008 (3.31)	-	+	- - -
Non-metallic mineral products	661 (1.09)	- - -	- - - -	- - - -
Primary metal (ferrous)	583 (0.96)	+ + +	-	- - -
Primary metal (non-ferrous) , and Fabricated metal products	2993 (4.94)	+ + +	- - - -	- - - -
Machinery	4971 (8.20)	+ + +	+ +	- - - -
Computer and peripheral equipment	597 (0.98)	+ + +	- -	- - - -
Communications equipment	731 (1.21)	+ + + +	- - - -	- - - -
Semiconductor and other electronic components	803 (1.32)	+ + + +	+ + + +	+ + + +
Navigational, measuring, medical and control instruments	1554 (2.56)	+ + +	+ + + +	+ + + +
Other computer and electronic products	221 (0.36)	-	- - - -	- - - -
Electrical equipment, appliance and components	1180 (1.94)	+ + +	-	+ + +
Motor vehicles and parts	935 (1.54)	+ + + +	- - - -	-
Aerospace products and parts	375 (0.62)	-	- - -	+ + +
All other transportation equipment	327 (0.54)	+	- - - -	+ + + +
Furniture and related products	608 (1.00)	+ + + +	+ + + +	- - - -
Other manufacturing industries	1974 (3.26)	+	- - - -	+
Wholesale trade	4736 (7.81)	- -	+ + + +	-
Retail trade	1019 (1.68)	- -	+ + + +	- - - -
Transportation and Warehousing	343 (0.57)	+ + + +	- - - -	-
Information and Cultural Industries	2058 (3.39)	+ + + +	+	+ + + +
Finance, insurance and real estate	743 (1.22)	+	+ + + +	+ + + +
Architectural, engineering and related services	3861 (6.37)	+ + +	-	-
Computer system design and related services	8192 (13.52)	+ + + +	+ + + +	+ + +
Management, scientific and technical consulting services	1594 (2.63)	+ + + +	+ + + +	+ + + +
Scientific research and development services	2590 (4.27)	+ + + +	+ + + +	+ + +
Health care and social assistance	516 (0.85)	+ + + +	+ + +	+ + + +
All other services	3659 (6.04)	+	- - -	- -

Source: Statistics Canada, RDCI Survey

0 ≤ growth < 3 %	+	0 ≤ decrease < -3 %	-
3 ≤ growth < 5 %	+ +	-3 ≤ decrease < -5 %	- -
5 ≤ growth < 10 %	+ + +	-5 ≤ decrease < -10 %	- - -
growth ≥ 10 %	+ + + +	decrease ≥ -10 %	- - - -

Appendix E. Acronyms for Industries

Arg = Agriculture, forestry, fishing and hunting
Mingas = Mining and oil and gas extraction
Utilities = Utilities
Constr = Construction

Manufacturing

Food = Food, Beverage and tobacco
Textile = Textile
Wood = Wood products
Paper = Paper products
Printing = Printing
Pharm = Pharmaceutical and medicine
Othchim = Other chemicals
Plastics = Petroleum and coal products, Plastic products, Rubber products
Nometal = Non-metallic mineral products
Fmetal = Primary metal (ferrous)
Metal = Primary metal (non-ferrous) , and Fabricated metal products
Machine = Machinery
Comp_equip = Computer and peripheral equipment
Com_equip = Communications equipment
Comp_elec = Semiconductor and other electronic components
Nav = Navigational, measuring, medical and control instruments
Othelec = Other computer and electronic products
Comp_appl = Electrical equipment, appliance and components
Motor = Motor vehicle and parts
Aerospace = Aerospace products and parts
Othtransp = All other transportation equipment
Furnitures = Furniture and related products
Oth_manuf = Other manufacturing industries

Services

Wsale = Wholesale trade
Retail = Retail trade
Transport = Transportation and Warehousing
Cultural = Information and Cultural Industries
Finance = Finance, insurance and real estate
Eng = Architectural, engineering and related services
Design = Computer system design and related services
Man = Management, scientific and technical consulting services
Sc_rd = Scientific research and development services
Health = Health care and social assistance
Oth_serv = All other services

Variables

Vextern = R&D expenditures associated with external relationships
External_link = number of external relationship

Catalogued publications

Science, Technology and Innovation statistical publications

88-001-XIE	Science statistics
88-003-XIE	Innovation analysis bulletin
88-202-XIE	Industrial research and development, intentions (with 2004 preliminary estimates and 2003 actual expenditures) (annual)
88-204-XIE	Federal scientific activities (annual)
88F0006XIE	Science, Innovation and Electronic Information Division working papers
88F0017MIE	Science, Innovation and Electronic Information Division research papers

88-001-X Volume 30 – 2006

No. 1 Provincial distribution of federal expenditures and personnel on science and technology, 1997/1998 to 2003/2004 (February)

No. 2 Biotechnology scientific activities in federal government departments and agencies, 2004/2005 (March)

88-001-X Volume 29 – 2005

No. 1 Distribution of federal expenditures on science and technology by province and territories, 2002-2003 (January)

No. 2 Research and development (R&D) personnel in Canada, 1993 to 2002 (May)

No. 3 Biotechnology scientific activities in federal government departments and agencies, 2003-2004 (May)

No. 4 Industrial research and development, 2001 to 2005 (June)

No. 5 Estimates of total spending on research and development in the health field in Canada, 1988 to 2004 (July)

No. 6 Estimation of research and development expenditures in the higher education sector, 2003-04 (December)

No. 7 Federal government expenditures on scientific activities, 2005/2006^{p} (December)

No. 8 Total spending on research and development in Canada, 1990 to 2005^{p}, and provinces, 1990 to 2003 (December)

88F0006XIE Working papers – 2006

No. 1 Provincial distribution of federal expenditures and personnel on science and technology, 1997-1998 to 2003-2004 (April)

88F0006XIE Working papers – 2005

No. 1 Federal government expenditures and personnel in the natural and social sciences, 1995/96 to 2004/05 (January)

No. 2 Provincial distribution of federal expenditures and personnel on science and technology, 1996-97 to 2002-03 (January)

No. 3 Industrial R&D statistics by region, 1994 to 2002 (January)

No. 4 Knowledge sharing succeeds: how selected service industries rated the importance of using knowledge management practices to their success (February)

No. 5 Characteristics of firms that grow from small to medium size: Industrial and geographic distribution of small high-growth firms (February)

No. 6 Summary: Joint Statistics Canada – University of Windsor workshop on intellectual property commercialization indicators, Windsor, November 2004 (March)

No. 7 Summary: Meeting on commercialization measurement, indicators, gaps and frameworks, Ottawa, December 2004 (March)

No. 8 Estimates of research and development personnel in Canada, 1979 to 2002 (April)

No. 9 Overview of the biotechnology use and development survey – 2003 (April)

No. 10 Access to financing capital by Canadian innovative biotechnology firms (April)

No. 11 Scientific and technological (S&T) activities of provincial governments and provincial research organizations, 1995-96 to 2003-04 (September)

No. 12 Innovation in Information and Communication Technology (ICT) sector service industries: Results from the Survey of Innovation 2003 (October)

No. 13 Innovation in selected professional, scientific and technical services: results from the Survey of Innovation 2003 (October)

No. 14 Innovation in selected transportation industries: Results from the Survey of Innovation 2003 (November)

No. 15 Innovation in selected industries serving the mining and forestry sectors: Results from the Survey of Innovation 2003 (November)

No. 16 Functional foods and nutraceuticals: The development of value-added food by Canadian firms (September)

No. 17 Industrial R&D statistics by region 1994 to 2003 (November)

No. 18 Survey of intellectual property commercialization in the higher education sector, 2003 (November)

No. 19 Estimation of research and development expenditures in the higher education sector, 2003-2004 (December)

No. 20 Estimates of Canadian research and development expenditures (GERD), Canada, 1994 to 2005, and by province 1994 to 2003 (December)

N° 88F0006XIF au catalogue — n° 002
ISSN : 1706-8975
ISBN : 0-662-71806-2

Document de travail

Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique

Acheter et vendre des services de recherche et développement, 1997 à 2002

par Julio Miguel Rosa, Antoine Rose et Pierre Mohnen

Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique (DSIIE)
7-A, Immeuble R.-H.-Coats, Ottawa K1A 0T6

Téléphone : 1 800 263-1136

Statistique Canada Statistics Canada

Canada

Comment obtenir d'autres renseignements

Pour obtenir des renseignements sur l'ensemble des données de Statistique Canada qui sont disponibles, veuillez composer l'un des numéros sans frais suivants. Vous pouvez également communiquer avec nous par courriel ou visiter notre site Web.

Service national de renseignements	1 800 263-1136
Service national d'appareils de télécommunications pour les malentendants	1 800 363-7629
Renseignements concernant le Programme des services de dépôt	1 800 700-1033
Télécopieur pour le Programme des services de dépôt	1 800 889-9734
Renseignements par courriel	infostats@statcan.ca
Site Web	www.statcan.ca

Renseignements pour accéder au produit

Le produit nº 88F0006XIF au catalogue est disponible gratuitement. Pour obtenir un exemplaire, il suffit de visiter notre site Web à www.statcan.ca et de choisir la rubrique Nos produits et services.

Normes de service à la clientèle

Statistique Canada s'engage à fournir à ses clients des services rapides, fiables et courtois, et ce, dans la langue officielle de leur choix. À cet égard, notre organisme s'est doté de normes de service à la clientèle qui doivent être observées par les employés lorsqu'ils offrent des services à la clientèle. Pour obtenir une copie de ces normes de service, veuillez communiquer avec Statistique Canada au numéro sans frais 1 800 263-1136. Les normes de service sont aussi publiées dans le site www.statcan.ca sous À propos de Statistique Canada > Offrir des services aux Canadiens.

Signes conventionnels

Les signes conventionnels suivants sont employés uniformément dans les publications de Statistique Canada :

. indisponible pour toute période de référence

.. indisponible pour une période de référence précise

... n'ayant pas lieu de figurer

0 zéro absolu ou valeur arrondie à zéro

0^s valeur arrondie à 0 (zéro) où il y a une distinction importante entre le zéro absolu et la valeur arrondie

^{p} provisoire

^{r} révisé

x confidentiel en vertu des dispositions de la Loi sur la statistique

^{E} à utiliser avec prudence

F trop peu fiable pour être publié

Nota

En raison de l'arrondissement des données, les totaux ne correspondent pas toujours à l'addition de leurs composantes.

Statistique Canada
Section des enquêtes des sciences et de l'innovation
Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique (DSIIE)

Acheter et vendre des services de recherche et développement, 1997 à 2002

Publication autorisée par le ministre responsable de Statistique Canada

© Ministre de l'Industrie, 2006.

Tous droits réservés. Le contenu de la présente publication électronique peut être reproduit, en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sans autre permission de Statistique Canada sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins d'étude privée, de recherche, de critique, de compte rendu ou en vue d'en préparer un résumé destiné aux journaux, et/ou à des fins non commerciales. Statistique Canada doit être cité comme suit : Source (ou « Adapté de », s'il y a lieu) : Statistique Canada, nom du produit, numéro au catalogue, volume et numéro, période de référence et page(s). Autrement, il est interdit de reproduire quelque contenu de la présente publication, ou de l'emmagasiner dans un système de recouvrement, ou de le transmettre sous quelque forme et par quelque moyen que ce soit, reproduction électronique, mécanique, photographique, pour quelque fin que ce soit, sans l'autorisation écrite préalable des Services d'octroi de licences, Division des services à la clientèle, Statistique Canada, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0T6.

Mai 2006

N° 88F0006XIF au catalogue, n° 002
ISSN : 1706-8975
ISBN : 0-662-71806-2

Périodicité : irrégulier

Ottawa

This publication is available in English upon request (Catalogue no. 88F0006XIE).

Note de reconnaissance

Le succès du système statistique du Canada repose sur un partenariat bien établi entre Statistique Canada et la population, les entreprises, les administrations canadiennes et les autres organismes. Sans cette collaboration et cette bonne volonté, il serait impossible de produire des statistiques précises et actuelles.

Le Programme d'information sur les sciences et l'innovation

Le programme vise à élaborer des indicateurs utiles à l'égard de l'activité liée aux sciences et à la technologie au Canada, dans un cadre les regroupant de manière cohérente. Pour atteindre l'objectif, des indicateurs statistiques sont en voie d'élaboration dans cinq grandes catégories :

- **Acteurs** : personnes et établissements engagés dans des activités de S-T. Au nombre des mesures prises, citons l'identification des participants en R-D et des universités qui accordent une licence pour l'utilisation de leurs technologies, ainsi que la détermination du domaine d'études des diplômés.
- **Activités** : comportent la création, la transmission et l'utilisation des connaissances en S-T, notamment la recherche et le développement, l'innovation et l'utilisation des technologies.
- **Liens** : moyen par lequel les connaissances en S-T sont communiquées aux intervenants. Au nombre des mesures, on compte l'acheminement des diplômés vers les industries, l'octroi à une entreprise d'une licence pour l'utilisation de la technologie d'une université, la copaternité de documents scientifiques, la source d'idées en matière d'innovation dans l'industrie.
- **Résultats** : résultats à moyen terme d'activités. Dans une entreprise, l'innovation peut entraîner la création d'emplois plus spécialisés. Dans une autre, l'adoption d'une nouvelle technologie peut mener à une plus grande part de marché.
- **Incidences** : répercussions à plus long terme des activités, du maillage et des conséquences. La téléphonie sans fil résulte d'activités, de maillage et de conséquences multiples. Elle présente une vaste gamme d'incidences économiques et sociales, comme l'augmentation de la connectivité.

Statistique Canada veille à l'élaboration actuelle et future de ces indicateurs, de concert avec d'autres ministères et organismes et un réseau d'entrepreneurs.

Avant la mise en route des travaux, les activités liées à la S-T étaient évaluées uniquement en fonction de l'investissement en ressources financières et humaines affectées au secteur de la recherche et du développement (R-D). Pour les administrations publiques, on ajoutait l'évaluation de l'activité scientifique connexe (ASC), comme les enquêtes et les essais courants. Cette évaluation donnait un aperçu limité des sciences et de la technologie au Canada. D'autres mesures s'imposaient pour améliorer le tableau.

L'innovation rend les entreprises concurrentielles, et nous poursuivons nos efforts pour comprendre les caractéristiques des entreprises novatrices et non novatrices, particulièrement dans le secteur des services, lequel domine l'économie canadienne. La capacité d'innover repose sur les personnes, et des mesures sont en voie d'élaboration au sujet des caractéristiques des personnes qui se trouvent dans les secteurs menant l'activité scientifique et technologique. Dans ces secteurs, des mesures sont en train d'être établies au sujet de la création et de la perte d'emplois en vue de cerner l'incidence des changements technologiques.

Le gouvernement fédéral est un intervenant clé en matière de sciences et de technologie, secteur dans lequel il investit plus de cinq milliards par année. Autrefois, on ne connaissait que les sommes dépensées par le gouvernement et l'objet de ces dépenses. Dans notre rapport, Activités scientifiques fédérales, 1998 (Cat. n° 88-204), on publiait, au départ, des indicateurs d'objectifs socioéconomiques afin de préciser comment on dépensait les fonds affectés à la S-T. En plus de servir de fondement à un débat public sur les priorités en matière de dépenses gouvernementales, tous ces renseignements ont servi de contexte aux rapports de rendement de ministères et d'organismes individuels.

Depuis avril 1999, la Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique est responsable du programme.

La version finale du cadre servant de guide à l'élaboration future d'indicateurs a été publiée en décembre 1998 (Activités et incidences des sciences et de la technologie - cadre conceptuel pour un système d'information statistique, Cat. n° 88-522). Ce cadre a donné lieu à un Plan *stratégique quinquennal pour le développement d'un système d'information sur les sciences et* la technologie (Cat. n° 88-523).

On peut désormais transmettre des informations sur le système canadien des sciences et de la technologie et montrer le rôle du gouvernement fédéral dans ce système.

Nos documents de travail et de recherche sont accessibles sans frais à l'adresse du site Internet de Statistique Canada

http://www.statcan.ca/cgi-bin/downpub/research_f.cgi?subject=193

Acheter et vendre des services de recherche et développement

Par

Julio M. Rosa*, Antoine Rose** et Pierre Mohnen***

Avril 2006

* Statistique Canada, Division des Sciences, de l'innovation et de l'information électronique, et UNU-MERIT (Research and training center of United Nations University), Pays-Bas. Ottawa, Canada. Tél : + 1 (613) 951-6598, Courriel : JulioMiguel.Rosa@statcan.ca

** Statistique Canada, Division des Sciences, de l'innovation et de l'information électronique, Ottawa, Canada. Tél : + 1 (613) 951-9919, Courriel : Antoine.Rose@statcan.ca

*** University of Maastricht, UNU-MERIT, Maastricht, Pays-Bas. Tél : + 31 43 388-3869, Courriel : P. Mohnen@Merit.unimaas.nl

(Ce document reflète les opinions des auteurs uniquement et non celles de Statistique Canada ou de UNU-MERIT)

Table des matières

1. Introduction 8
2. Une extension du choix des stratégies d'exécution en recherche et développement. 9
3. Motivations et partenariats en recherche et développement 10
4. Source des données et limitations 11
5. L'analyse descriptive 12
6. Analyse multinomiale des stratégies d'exécution en R-D 24
   6.1 Les variables 25
   6.2 Les résultats 25
7. Conclusion 28
Bibliographie 30
Annexe A. Définitions 32
Annexe B. Résultats des tests d'indépendance des alternatives non pertinentes 32
Annexe C. Tableau des corrélations simples (N=60451) 33
Annexe D. Croissance annualisée des dépenses de R-D par industrie. 34
Annexe E. Acronymes pour les industries 35
Publications au catalogue 36

1. Introduction

Il est largement reconnu que la recherche et développement (R-D) est une activité déterminante du processus d'innovation. Les entreprises, à plus forte raison celles dont le contenu est hautement technologique, qui ne s'engagent pas dans une telle activité compromettent sérieusement leur compétitivité et leur créativité face aux concurrents. Malheureusement, le coût d'accès à la R-D constitue une barrière importante pour un grand nombre d'entreprises. À cette contrainte de coût s'ajoute la contrainte de l'appropriation, à savoir l'incapacité des entreprises à tirer tous les bénéfices découlant des efforts investis dans la recherche. Celle-ci constitue une barrière dissuasive supplémentaire à faire de la R-D (Arrow, 1962). Enfin, s'engager dans des activités de R-D nécessite au préalable une capacité d'absorption suffisante permettant de reconnaître la valeur d'une nouvelle information, de l'assimiler et de l'appliquer à des fins commerciales (Cohen and Levinthal, 1990).

Surmonter l'ensemble de ces contraintes n'est donc pas à la portée de toutes les entreprises. Pour celles qui décident de mener des activités de R-D, il reste un choix stratégique crucial à faire, qui est celui de choisir entre s'engager dans un processus de partenariat[1] en R-D ou exécuter la recherche en vase clos. Advenant que l'entreprise décide de s'engager dans un partenariat, elle pourra éventuellement le faire sous différentes modalités.

Traditionnellement, la littérature identifie deux modalités ou stratégies[2] distinctes pour exécuter ses activités de R-D. L'entreprise peut exécuter les activités de R-D à l'interne ou elle peut acquérir les services de R-D de l'extérieur, c'est-à-dire hors de l'unité qui produit la R-D. Plusieurs études empiriques et théoriques récentes ont adopté ces deux approches comme cadre conceptuel pour expliquer les comportements stratégiques des entreprises (Rador, 1991; Veugelers et Cassiman, 1999; Kamien et Zang, 2000; Cassiman et al., 2002; Arundel et Bordoy, 2002). C'est dans le contexte de cette littérature que s'inscrit la présente étude. Nous allons, d'une part, élargir les choix de modalités d'exécution de la R-D et, d'autre part, identifier différents types de partenariats en R-D.

Une façon pratique de définir la participation ou la non participation d'une entreprise au partenariat en R-D consiste à observer la source ou la destination du financement des travaux de R-D. Selon cette logique, une entreprise qui finance sa recherche en vase clos, c'est-à-dire sans échange financier pour fins de R-D avec d'autres organisations n'a à priori pas d'entente de partenariat pour des services de R-D. A contrario, une entreprise qui déclare avoir pour source de financement un autre organisme ou qui déclare payer pour ses travaux de R-D a soit un contrat de sous-traitance, soit une quelconque forme de participation externe. Dans ce cas, nous dirons qu'elle a un partenariat au sens large, c'est-à-dire qui comprend les contrats de sous-traitances, les alliances, les contrats de coopérations, les consortiums, les prises de participation, les transferts technologiques et les accords de R-D conjointe (Davy, 2004). Les liens que nous observons correspondent à des transactions financières, mais peut-on raisonnablement concevoir un échange monétaire pour fins de R-D sans le moindre échange d'information? Il nous semble donc justifié de reconnaître derrière ces transactions financières des formes de partenariat de R-D. Le partenariat n'est pas uniquement au sens formel d'échange actif et participatif de deux entités, il inclut à la fois les liens formels et informels tels que définis par (Bönte and Keilbach, 2005).

Cette étude examine trois stratégies organisationnelles des entreprises en matière d'exécution des services de R-D: faire la R-D soi-même, la faire pour d'autres ou la faire exécuter par d'autres. L'examen est fait à partir des données sur les sources et la destination des paiements versés pour la R-D. Cette idée d'utiliser les données sur les paiements liés à la R-D pour identifier les flux de services de R-D n'est pas complètement nouvelle, puisque Harrigan (1985) parlait déjà de transferts technologiques en termes de ventes et d'achats de services. En se

1. Le processus de partenariat fait ici référence au fait d'avoir ou non des transactions financières pour fins de R-D avec une autre organisation.
2. Nous utilisons le terme « modalité » ou « stratégie » de manière interchangeable.

basant sur la même source de données, Rose (1994) explore les relations d'alliances stratégiques en R-D sous forme de tableaux d'entrées-sorties.

Comme nous le rappellent Veugelers et Cassiman (1999)[3], peu de travaux empiriques ont été faits sur les modes de participations aux réseaux de R-D. Une des raisons qui explique cela est le manque de données, en particulier de données quantitatives, sur les types de partenariats. La plupart des articles relatifs au mode de participation des entreprises en R-D utilisent des données qualitatives et se restreignent à des études de cas Narula (2001), Belderbos, and al. (2004), Hagedoorn and Kranenburg (2003), Miotti and Sachwald (2003), Bönte and Keilbach (2005). Quelques travaux sont basés sur des données quantitatives (Veugelers, 1997), mais encore là, uniquement sur de petites bases de données. Nous identifions les modalités d'exécution de la R-D par de l'information qualitative et quantitative, tout en couvrant l'ensemble des secteurs de l'économie sur la base d'un recensement statistique de toutes les entreprises commerciales exécutant ou soupçonnées d'exécuter de la R-D au Canada. Cet exercice nous permet d'identifier les acteurs institutionnels avec qui les exécutants en R-D ont le plus d'échanges pour des services de R-D.

Dans la section qui suit nous identifions les différents modes de participation qui s'offrent aux entreprises en matière de dépenses pour les services de R-D. Puis, nous ferons un rapide survol des motifs qui amènent les entreprises exécutantes de R-D à échanger des services technologiques ou plus largement à coopérer avec d'autres institutions. Cette mise en contexte servira de passerelle pour s'attaquer à l'analyse descriptive des caractéristiques des différentes modalités de partenariat en R-D. Enfin, une dernière section présentera les résultats d'estimations économétriques sur les déterminants de chacun des choix stratégiques identifiés précédemment.

2. Une extension du choix des stratégies d'exécution en recherche et développement.

Traditionnellement, la littérature économique qui examine la question des choix stratégiques d'exécution en R-D considère pour l'essentiel deux alternatives, soit la R-D se fait à l'interne, soit elle est acquise de l'extérieur, avec bien entendu la possibilité de combiner ces deux alternatives. Bon nombre de ces études cherchent à répondre à la question de la substituabilité ou de la complémentarité de la R-D interne et externe (Arora and Gambardella, 1990; Cohen and Levinthal, 1990; Radnor, 1991; Veugelers and Cassiman, 1999; Leiblein et al., 2002). Les résultats de ces différentes études semblent indiquer que la réponse est loin d'être définitive et que vraisemblablement la structure et les caractéristiques de l'entreprise jouent un rôle important dans le choix d'exécution de la R-D.

Le choix de la stratégie d'exécution en R-D apparaît dans la littérature sous l'appellation du traditionnel 'Faire pour soi-même' ou 'Acheter'. Cependant, nous pensons que ces choix demeurent trop restrictifs. En effet, la stratégie d'exécution en R-D adoptée par l'entreprise dépend très largement de l'environnement et des interactions potentielles entre partenaires. Certaines entreprises font du financement, d'autres font des ventes ou des achats de services de R-D. Par conséquent, pour bien comprendre ces choix il nous faut tracer le portrait complet des options qui s'offrent aux exécutants en R-D.

Une telle approche n'est possible que si nous sommes en mesure de déterminer plus précisément qui exécute la R-D et pour qui cette R-D est exécutée. À cette fin, il nous faut identifier les partenaires (si partenaire il y a) pour qui le service de R-D est destiné ou par qui il est acquis. Ce type d'analyse peut se faire par l'observation des flux de transactions financières pour des fins de R-D. Si l'on connaît la source et la destination des paiements pour fins de R-D

3. 'Les sources et destinations du financement technologiques n'ont pas été suffisamment exploitées dans la littérature théorique et les évidences empiriques restent anecdotiques.'

pour chaque entreprise exécutante, on peut identifier la structure du partenariat d'entreprises en matière de R-D et définir les choix stratégiques ayant trait à l'obtention et au financement de la connaissance.

Jusqu'à présent, l'ensemble des études menées sur les choix décisionnels de l'entreprise relatifs aux dépenses en R-D, sont basés sur des critères qualitatifs ou sur un simple dénombrement des entreprises. Cette étude s'appuie sur l'Enquête en recherche et développement industriel conduite par la division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique de Statistique Canada. Cette enquête est particulièrement bien détaillée sur la provenance et la destination du financement de la R-D industrielle par les entreprises qui exécutent la R-D ou qui la financent (pour plus de détails, voir la section 4). Nous nous servons de ces données quantitatives à la fois pour élargir le cadre conceptuel des choix stratégiques des décisions de l'entreprise concernant ses dépenses en R-D et pour mesurer l'intensité des échanges de fonds pour fins de R-D entre partenaires.

L'entreprise qui fait de la R-D a le choix entre différentes stratégies. Elle peut exécuter elle-même la R-D en milieu fermé. L'entreprise peut aussi choisir de se mettre en relation avec l'extérieur. Dans ce cas, elle peut choisir de combler ses besoins en R-D par l'achat de services auprès d'autres organisations. Elle peut faire la R-D pour le compte d'autres organismes ou éventuellement faire exécuter la R-D par d'autres organismes. Ces trois options stratégiques de base peuvent se combiner ou se réduire à des choix mutuellement exclusifs.

La question de savoir sous quelles modalités l'entreprise exécute ses activités de R-D a des conséquences directes sur la manière dont elle gère le modèle de partage des coûts et des risques en matière de R-D. Les décideurs politiques qui doivent introduire les nouvelles réglementations et incitatifs à la recherche doivent prendre en considération cette question importante pour la compréhension de l'environnement organisationnel de l'entreprise. Les États-Unis et le Japon ont des antécédents quant à leurs choix politiques en matière de partenariat et partage de risque. Les exemples célèbres sont ceux du VLSI (Intégration de circuits à très large échelle)[4] pour le Japon en 1975 et de SEMATECH (consortium des manufacturiers dans le secteur des semi-conducteurs) pour les États-unis en 1987. Ces deux exemples ont eu pour conséquences de pousser les États à relâcher les réglementations antitrust afin de permettre la création de partenariats dans le domaine des semi-conducteurs, (Sakakibara, 1997). Pour le Canada, la question des stratégies d'exécution de la R-D est tout aussi importante.

3. Motivations et partenariats en recherche et développement

Le partenariat en R-D comme sujet de recherche n'a véritablement pris son essor que dans les années 1990 notamment avec des auteurs tels que Mahoney (1992); Hagedoorn (1993); Sakakibara (1997); Veugelers (1997); Veugelers et Cassiman (1999). Le partenariat est devenu une façon alternative d'organiser la recherche[5]. Ce phénomène est allé de pair avec la complexité croissante des processus d'innovation. La plupart des études indiquent que la coopération est complémentaire plutôt qu'un substitut à la R-D.

Les multiples raisons qui poussent les entreprises à coopérer en R-D peuvent être regroupées en deux grandes catégories : celles qui visent à diminuer le niveau de risque technologique, et celles qui sont reliées au manque de dotations[6] de l'entreprise et à la recherche de complémentarités (Tether, 2002).

4. VLSI (Very large integrated circuit)

5. La question qui consiste à savoir si le partenariat est un complément ou un substitut à la R-D interne a été examiné dans des études par Sakakibara (1997) et Belderbos et al. (2003). La plupart de ces études montrent que la coopération est complémentaire plutôt qu'un substitut à la R-D interne.

6. Nous entendons par manque de dotations de l'entreprise, les carences en termes de ressources (emplois spécialisés, matériels, ressources naturelles...)

De nombreux articles ont souligné l'influence positive de l'intensité de la R-D comme un facteur qui favorise le partenariat en R-D (Fritsch and Lukas, 2001; Bayona et al., 2001). Ainsi, le fait d'avoir son propre département de R-D est considéré comme un facteur qui diminue le risque tout en augmentant la probabilité d'avoir des partenaires, (Kleinknecht et van Reijnen, 1992). Piga et al. (2003) considèrent la décision d'entrer dans une relation de partenariat en R-D comme un choix qui relève au préalable du choix de l'entreprise de mener une activité de R-D. En effet, la capacité d'absorption est fonction d'un effort de R-D antérieur, (Davy, 2004). Dans l'article de Veugelers et Cassiman (1999) c'est essentiellement la perception du niveau de risque et d'appropriation de l'innovation qui motive le partenariat.

Dans la deuxième catégorie de motivations au partenariat nous retrouvons toute la question liée à la complémentarité dans les dotations et dans les compétences (Aurora et Gambardella, 1990; Cohen et Levinthal, 1990; Vonortas, 1994; Belderbos et al., 2003; Miotti et Sachwald, 2003). Dans ces modèles, le partenariat est vu comme un mécanisme permettant d'exploiter efficacement les ressources des partenaires qui font respectivement défaut aux membres du partenariat, (Hagedoorn et al., 2000). Les entreprises font du partenariat pour acquérir les complémentarités à leurs ressources internes, ces complémentarités ne sont pas nécessairement technologiques. Cette forme de motivation est également une manière de rapatrier dans l'entreprise les avantages comparatifs lorsque le partenaire est une entreprise étrangère, (Miotti et Sachwald, 2003). La complémentarité dans les connaissances est considérée comme l'une des principales motivations qui amènent les entreprises japonaises à coopérer en R-D (Sakakibara, 1997).

Cependant, la plupart des facteurs qui motivent une quelconque forme de partenariat visent le plus souvent à la fois la diminution du risque technologique et le différentiel de dotation des entreprises. Citons à titre d'exemple la taille de l'entreprise qui, d'après de nombreuses études et conformément à la thèse de Schumpeter, contribue largement à augmenter la probabilité de coopérer en R-D (Sakakibara, 1997; Veugelers, 1997; Fritsch et Lukas, 2001; Bayona et al., 2001; Miotti et Sachwald, 2003).

Un important postulat de l'étude de Sakakibara (1997) est que les motivations liées au partage de dotation (spécialisations) sont relativement plus importantes que celles liées au partage de risque quand les partenaires ont davantage de dotations hétérogènes. Ce résultat nous rappelle que la motivation des entreprises est elle-même largement assujettie à son environnement et aux différentiels de capacités des partenaires à mener des activités de R-D.

4. Source des données et limitations

Notre étude s'appuie sur les données de la R-D exécutée dans le secteur des entreprises commerciales au Canada. La base de données de Statistique Canada est construite à partir de deux sources : une Enquête auprès des grands exécutants qui est menée annuellement et l'autre par voie des données administratives.

En 1997, une nouvelle méthode a été mise en place pour l'estimation des dépenses au titre de la R-D dans le secteur des entreprises commerciales au Canada. La nouvelle méthode utilise des données administratives de l'Agence des douanes et du revenu du Canada (ADRC) plutôt que des données d'enquêtes, pour toute entreprise qui finance ou qui exécute de la R-D ayant une valeur inférieure à 1 million de dollars. Cette méthode a permis d'éliminer autour de 8000 formulaires d'enquête pour 2002, diminuant ainsi le fardeau des répondants (Statistique Canada, 2004).

L'enquête est menée annuellement et inclut des données pour une période de quatre ans. Cependant, il y a un délai de 18 mois entre la publication des données et l'information fournie par l'ADRC. C'est pourquoi Statistique Canada publie des données révisées l'année suivante après

avoir reçu toute l'information. En attendant, les données publiées pour l'année de référence sont provisoires. Pour éviter cette légère sous-estimation, notre période d'étude s'arrête en 2002. Les données provisoires ne sont pas utilisées dans cette analyse.

La couverture de l'enquête est nationale, un questionnaire a été envoyé à toutes les entreprises exécutant ou finançant pour un million de dollars ou plus des travaux en R-D. La liste des entreprises couvertes comprend celles qui ont déclaré des activités de R-D dans l'enquête précédente, celles qui ont réclamé un allègement fiscal pour les travaux de R-D effectués, celles qui ont déclaré avoir reçu des contrats ou subventions de R-D, celles qui sont déclarées comme sources de financement ou comme exécutantes de R-D par d'autres entreprises et celles qui sont relevées par le biais des articles de journaux ou revues professionnelles.

L'ensemble des résultats que nous présentons dans ce document concerne les données récoltées pour la période 1997 à 2002 inclusivement. Nous présentons les statistiques cumulées pour ces six années. Cette approche a l'avantage de tenir compte des changements éventuels de la structure de l'industrie.

Nous avons exclu de notre étude les industries qui ont déclaré exclusivement des dépenses en immobilisations. Cette exclusion a pour conséquence d'éliminer les entreprises qui déclaraient faire exécuter la R-D et qui en même temps déclaraient n'avoir aucun employé en R-D, puisqu'elles ne dépensaient que pour des édifices, des terrains ou du matériel.

Les trois stratégies de base que nous définissons dans ce document ne sont pas mutuellement exclusives. Dans la présente étude ces stratégies peuvent être exploitées en mode binaire ou en valeur continue. En mode binaire, chaque stratégie prend la valeur 1 si l'entreprise déclarante coche au moins un des choix correspondant aux définitions de l'annexe A. À chacune des stratégies nous pouvons y associer le total des montants dépensés en R-D.

Dans l'enquête sur la R-D industrielle de Statistique Canada, le choix des organismes avec lesquels l'unité déclarante a des transactions monétaires pour fins de R-D a été fait selon les recommandations du Manuel de Frascati (OCDE, 2002). Nous définissons comme unité partenaire les différentes entités économiques avec lesquelles l'unité exécutante de la R-D a des transactions monétaires pour fins de R-D. Par conséquent, la présente étude couvre les entités organisationnelles suivantes: les entreprises du même groupe, c'est-à-dire la société mère et les sociétés affiliées; les autres entreprises; le gouvernement et ses agences; les universités; les organismes privés sans buts lucratifs; les organismes provinciaux de recherche; les institutions ou associations de recherche industrielle; les hôpitaux, maisons d'enseignement et institutions étrangères.

Enfin, lors de la collecte de données d'enquête il est en pratique impossible de saisir une information comptable parfaitement équilibrée entre l'unité déclarante qui est à la source du financement et l'unité qui déclare l'avoir reçu. Les causes à ce problème pour les échanges entre entreprises et entre filiales sont multiples, à commencer par la simple interprétation de la R-D entre le répondant à la source et le destinataire du paiement.

5. L'analyse descriptive

La base de données de l'enquête industrielle en recherche et développement (RDIC) présente les données compilées sur de nombreuses années, en l'occurrence dans cette analyse, de 1997 à 2002. L'utilisation des données compilées implique qu'une entreprise peut être observée plusieurs fois au cours de la période étudiée. Il se peut aussi que certaines entreprises n'apparaissent qu'une seule fois.

Le tableau 1 nous montre le nombre d'entreprises pour chacune des années considérées dans l'étude. Le total des colonnes représente le nombre d'années entreprises, c'est-à-dire la somme du nombre d'entreprises sur les six années incluant les observations que l'on peut retrouver d'une année à l'autre.

Dans la suite de l'analyse, c'est cette notion d'année entreprise qui sera présentée. Ainsi, le nombre de 60 577 représente le nombre d'observations compilées sur les six années.

Le tableau 1 montre que le nombre d'entreprises exécutant de la R-D a légèrement diminué entre 1997 et 2002, alors que sur cette même période le nombre d'exécutants de R-D sous contrôle canadien n'a cessé d'augmenter à l'exception de 2002 où l'on constate une forte baisse de l'ensemble des exécutants. Les entreprises exécutant de la R-D sous contrôle étranger représentent 4,4 % de tous les exécutants sur l'ensemble de la période.

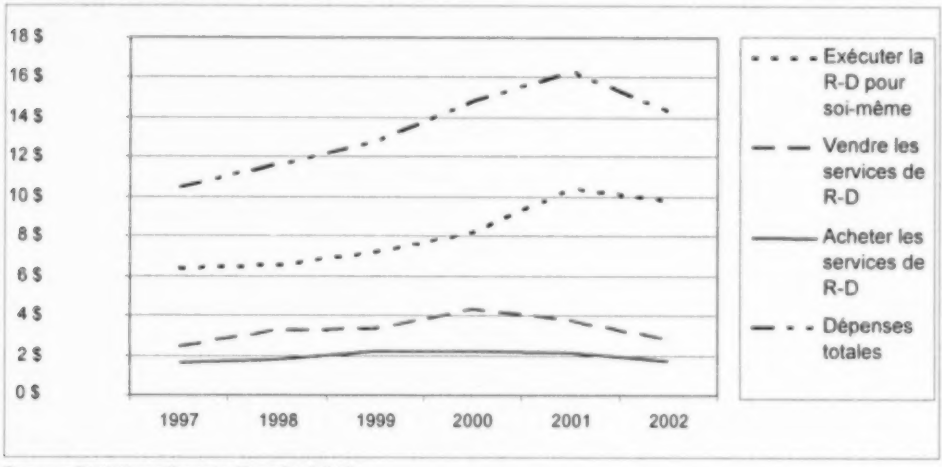
Tableau 1
Répartition du nombre d'entreprises par année et selon le pays de contrôle

Année d'observation	Entreprises sous contrôle canadien	Entreprises sous contrôle étranger	Nombre total d'entreprises
1997	9 109	540	9 649
1998	9 316	468	9 784
1999	9 542	425	9 967
2000	10 418	433	10 851
2001	11 001	434	11 435
2002	8 523	368	8 891
Total d'années entreprises	**57 909**	**2 668**	**60 577**

Source : Statistique Canada, Enquête RDIC

Le graphique 1 nous donne un premier aperçu de l'évolution des dépenses de R-D selon la stratégie d'exécution de l'entreprise. La stratégie « Exécuter la R-D pour soi-même » est non seulement la plus importante, mais également celle qui montre la croissance la plus marquée sur la période 1997 à 2002. À noter, l'année 2002 marque un ralentissement généralisé des dépenses de R-D industrielles. Les comportements stratégiques « Vendre les services de R-D » et « Acheter les services de R-D» sont demeurés très stable à travers le temps. Ainsi, depuis 1997 les entreprises qui exécutent de la R-D ont eu un comportement qui démontre davantage de dynamisme dans la production de la R-D à l'interne (intérieur des murs de l'unité productrice). Les stratégies impliquant des partenariats externes, incluant les filiales, ont été nettement moins dynamiques. Ces stratégies qui recourent aux échanges externes ont même diminué le niveau de leurs échanges en termes absolus.

Graphique 1
Évolution des montants dépensés en R-D par stratégie pour la période 1997 à 2002,
(en milliards de dollars)



Source : Statistique Canada, Enquête RDIC

En 2002, les dépenses totales pour les trois stratégies de R-D s'élèvent à plus de 14 milliards de dollars. Les dépenses pour les entreprises qui font elles-mêmes la R-D s'élèvent à près de 10 milliards de dollars, alors que les entreprises qui vendent les services de R-D à d'autres organisations et celles qui achètent ces services à d'autres organisations ont respectivement 2,8 et 1,7 milliards de dollars de dépenses totales de R-D.

À titre indicatif, nous présentons dans l'annexe D la croissance annualisée des montants dépensés pour les principales stratégies selon l'industrie. Ce tableau révèle que certaines industries comme l'industrie des semi-conducteurs et autres composants électroniques ont augmenté leurs dépenses sur l'ensemble des stratégies, alors que d'autres industries comme l'industrie des produits minéraux non métalliques ont diminué leurs dépenses de R-D pour l'ensemble des stratégies.

Le tableau 2 nous donne un aperçu de la distribution du nombre d'entreprises exécutantes en R-D cumulées sur la période 1997 à 2002 selon l'option stratégique choisie et selon le pays de contrôle. On constate immédiatement que la stratégie qui consiste à faire sa propre recherche est de loin la stratégie la plus souvent utilisée par les exécutants de R-D, avec 59 019 répondants sur un total de 60 577, soit 97 % de toutes les observations.

Parmi ceux-là, 24 590 des exécutants soit près de 43 % du total des entreprises sous contrôle canadien, déclarent « Exécuter la R-D pour soi-même » comme unique stratégie d'exécution. Cette proportion est de 35 % pour les entreprises sous contrôle étranger. En termes de montants, la R-D faite à l'interne représente presque 49 milliards de dollars sur la période 1997-2002, ce qui correspond à 62 % du total des montants de transactions pour la R-D, (voir tableau 4)[7].

7. La R-D exécutée par les entreprises qui ne la font que pour eux-mêmes exclusivement, représente 13.6 % du montant total des transactions en recherche et développement.

Tableau 2
Répartition du nombre d'années entreprises par type de stratégie et selon le pays de contrôle, pour la période 1997 à 2002

Stratégies	Entreprises sous contrôle canadien		Entreprises sous contrôle étranger		Nombre total d'années entreprises	
Exécuter la R-D pour soi-même	56 540	(97,6)	2 479	(92,9)	**59 019**	**(97,4)**
Vendre les services de R-D	5 089	(8,8)	596	(22,3)	**5 685**	**(9,4)**
Acheter les services de R-D	31 299	(54,0)	1 532	(57,4)	**32 831**	**(54,2)**
Exécuter la R-D pour soi-même exclusivement	24 590	(42,5)	926	(34,7)	**25 516**	**(42,1)**
Vendre les services de R-D exclusivement	634	(1,1)	91	(3,4)	**725**	**(1,2)**
Exécuter la R-D pour les filiales	1 627	(2,8)	441	(16,5)	**2 068**	**(3,4)**
Total d'années entreprises		**57 909**		**2 668**		**60 577**

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre en pourcentage du total d'années entreprises par colonne.
Source : Statistique Canada, Enquête RDIC

Faire la R-D à l'interne est donc la stratégie la plus courante. Les montants consacrés aux stratégies externes, c'est-à-dire vendre ou acheter les services de R-D, représentent respectivement 24 % et 14 % du total des montants de transactions pour fins de R-D. Les entreprises canadiennes font essentiellement la R-D elles-mêmes, pour d'autres et en dernier lieu la font faire par d'autres.

Les facteurs qui amènent les entreprises à se financer uniquement à l'interne sont nombreux, mais parmi les plus couramment cités dans la littérature économique on retrouve l'asymétrie d'information. L'asymétrie d'information implique que l'un des coopérants détient davantage d'information non partagée avec son partenaire. Cette asymétrie d'information peut entacher les liens de confiance entre les partenaires, ce qui peut éventuellement créer un obstacle au financement externe. D'autre part, la nature incertaine de la R-D et la connaissance tacite qui est importante dans cette activité peuvent souvent conduire les entreprises à ne pas partager leurs savoirs avec d'autres organismes.

La portion des entreprises qui font leurs propres recherches en vase clos est donc relativement importante. Ce constat concorde avec les résultats de l'étude de Tether (2002) où 46 % des entreprises n'ont pas de partenaires en Grande-Bretagne. Nos résultats vont aussi dans le même sens que ceux de l'étude de Piga et Vivarelli (2003), où 53 % des entreprises font de la R-D exclusivement intra-muros. Par contre, dans l'étude de Veugelers et Cassiman (1999) ce sont seulement 17 % des innovateurs qui optent pour la stratégie 'Exécuter pour soi-même', mais cette dernière étude est basée sur des données provenant d'une Enquête sur l'innovation plutôt que d'une Enquête visant à mesurer directement les dépenses de R-D. L'étude de Kaiser (2002) indique également que seulement 13,6 % des entreprises coopèrent en R-D en Allemagne. Parmi les entreprises qui s'engagent dans un partenariat de R-D la plupart coopèrent dans une association verticale (relation avec clients et fournisseurs), plutôt que dans une association horizontale (relation avec les concurrents). L'étude de Kaiser (2002) se concentre sur le secteur des services uniquement, où l'on sait que l'activité de R-D est beaucoup plus diversifiée. De plus, l'étude de Kaiser ne comptabilise que 165 entreprises qui coopèrent en R-D ce qui limite la robustesse des résultats.

La stratégie « Acheter les services de R-D » concerne 54 % des exécutants. Il est intéressant de noter que cette stratégie est en termes relatifs au moins aussi importante pour les entreprises sous contrôle étranger que pour les entreprises sous contrôle canadien. Plus importante encore en termes relatifs pour les entreprises sous contrôle étranger est la stratégie « Vendre les services de R-D » qui représente 22 % de tous les exécutants sous contrôle étranger, contre 9 % des exécutants canadiens. Cependant, si l'on compare ces mêmes proportions en termes de montants dépensés (voir tableau 4), alors les entreprises sous contrôle étranger et les

entreprises sous contrôle canadien dépensent des proportions semblables, soit près de 23% et 25 % respectivement.

Il est largement reconnu en organisation industrielle que le comportement stratégique des entreprises selon la taille de celles-ci est loin d'être homogène. Le tableau 3 permet de constater que la grande majorité des entreprises qui font de la R-D (76 %) possèdent moins de 50 employés.

Les entreprises de plus de 500 employés représentent à peine 4 % des exécutants. Cependant, quelle que soit la stratégie d'exécution adoptée, c'est ce 4 % des entreprises de plus de 500 employés qui transige 63 % de toutes les dépenses consacrées à la R-D sur la période 1997 à 2002, c'est-à-dire plus de 49 milliards de dollars, (voir tableau 4).

Lorsque les entreprises deviennent très grandes, à savoir 2000 employés et plus, la part des stratégies externes augmente de manière significative. La part de la stratégie qui consiste à exécuter la R-D pour soi-même demeure relativement constante quelle que soit la taille. Ce constat laisse supposer que pour avoir recours à la R-D externe il faut en avoir les moyens, et essentiellement ce sont les grandes entreprises qui les ont. Une forte capacité d'absorption et un haut niveau d'intensité en R-D sont des éléments requis pour augmenter les chances d'avoir des partenaires (Leiponen, 2001).

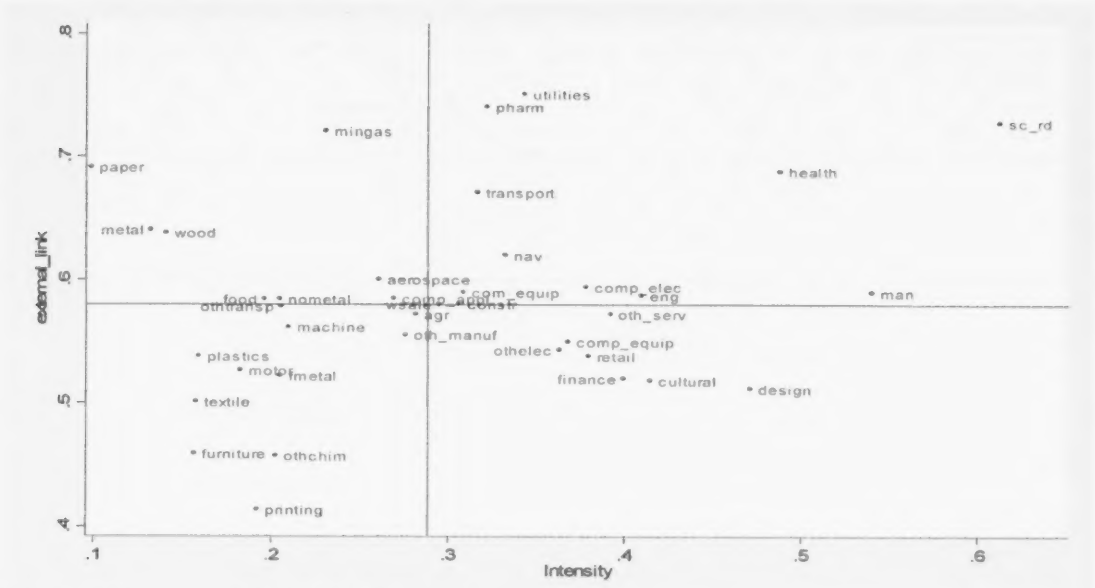
Tableau 3
Répartition du nombre d'années entreprises selon la taille et la stratégie, pour la période 1997 à 2002

	1-49	50-99	100-199	200-499	500-999	1000-1999	2000-4999	> 4999
Stratégie								
Exécuter la R-D pour soi-même	44 714	5 842	3 703	2 537	905	677	392	249
%	(97,4)	(97,8)	(97,7)	(97,6)	(96,6)	(97,3)	(95,6)	(96,9)
Vendre les services de R-D	4 058	540	372	281	143	118	86	87
%	(8,8)	(9,0)	(9,8)	(10,8)	(15,3)	(16,9)	(20,9)	(33,8)
Acheter les services de R-D	24 493	2 225	2 096	1 508	537	452	318	202
%	(53,3)	(37,2)	(55,3)	(58,0)	(57,3)	(64,9)	(77,6)	(78,6)
Nombre total d'années entreprises	45 914	5 973	3 790	2 600	937	696	410	257

Les chiffres entre parenthèses correspondent au pourcentage du nombre d'entreprises pour chaque stratégie par rapport au nombre total d'entreprises par classe de taille.
Source : Statistique Canada, Enquête RDIC

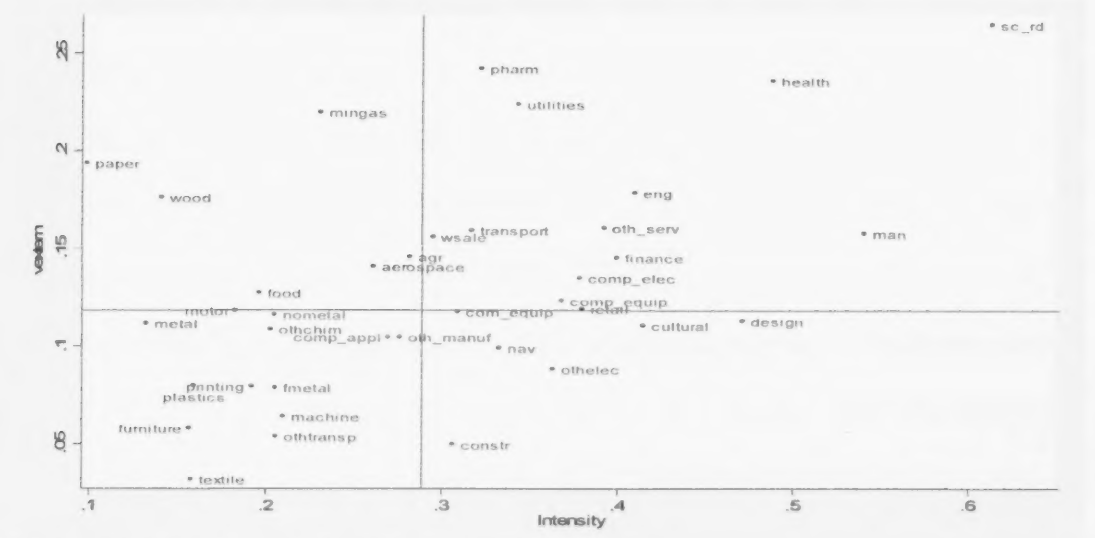
Il est remarquable de voir à quel point la stratégie « Vendre les services de R-D » prend de l'importance pour les entreprises de plus de 4 999 employés (34 %). Cette remarque demeure vraie lorsqu'on regarde l'importance relative des grandes entreprises en termes de dépenses consacrées à la R-D. En effet, le tableau 4 nous indique que pour les entreprises de plus de 500 employés les stratégies « Vendre les services de R-D » et « Acheter les services de R-D » représentent respectivement 14 milliards de dollars et 7 milliards de dollars, soit 75 % et 68 % du total des dépenses sur chacune de ces stratégies, alors que ce pourcentage n'est que de 58 % pour la stratégie « Exécuter la R-D pour soi-même ». En comparaison, pour les entreprises de moins de 50 employés les dépenses pour la stratégie « Exécuter pour soi-même » représente 15 % du total des dépenses pour cette stratégie alors que ce pourcentage n'est que de 8 % et 14 % respectivement pour les stratégies « Vendre les services de R-D » et « Acheter les services de R-D ».

Graphique 2 Répartition des industries selon l'intensité en R-D et la propension à avoir des relations externes en R-D



Source : Statistique Canada, Enquête RDIC. Voir les annexes pour les définitions.

Graphique 3 Répartition des industries selon l'intensité en R-D et la propension relative des dépenses de R-D consacrées aux relations externes



Source : Statistique Canada, Enquête RDIC. Voir les annexes pour les définitions.

Comme nous l'avons déjà mentionné, la littérature fait largement mention d'une relation positive entre l'intensité en R-D et les différents types de relations externes que peuvent avoir les exécutants de R-D (Leiponen, 2001, Belderbos et al., 2004). Nous analyserons les effets de ces types de relations dans la section 6. Mais avant de faire une telle analyse, il nous apparaît important de séparer les industries selon leur niveau d'intensité en R-D et leur propension à faire des partenariats externes[8]. Cette séparation nous permettra de former quatre groupes distincts d'industries selon ces deux caractéristiques. Dans les graphiques 2 et 3 les lignes transversales représentant les médianes permettent la séparation des axes en quatre quadrants distincts.

Les graphiques 2 et 3 nous montrent ce type de relation pour l'ensemble des observations sur la période 1997 à 2002. La différence entre ces deux graphiques provient de l'axe des ordonnées où dans le premier cas nous avons rapporté les relations externes (external-link) en terme de nombre de relations par industrie[9], alors que dans le deuxième graphique nous avons représenté le montant des dépenses qui est associé aux relations externes (vextern).

Première remarque, comme attendu le portrait industriel que met en rapport l'intensité de la R-D et la propension à faire des liens externes n'est pas très différent que l'on prenne le nombre de relations externes par industrie ou les montants de dépenses en R-D qui y sont associés. Seules les industries de la construction, du textile, des instruments de navigation, de mesure et de commande et d'instruments médicaux, autres services ainsi que la finance font état de différences significatives entre les deux graphiques. Ainsi l'industrie de la finance passe d'une industrie au statut de forte intensité de R-D et faible nombre de relations externes (graphique 2) à une industrie à forte intensité de R-D et forte propension à dépenser pour des services de R-D (graphique 3).

L'industrie des services de recherche et développement scientifiques est l'industrie qui démontre à la fois le plus haut niveau d'intensité en R-D et la propension la plus élevée à faire des liens externes. L'industrie des produits pharmaceutiques et médicaments et les services publics, ainsi que l'industrie des soins de santé et d'assistance sociale sont également des industries à forte intensité en R-D et à un haut niveau de relations externes. En effet, dans l'industrie pharmaceutique on retrouve une part importante des entreprises qui mènent des activités de biotechnologie. Dans l'industrie des services publics on retrouve les distributeurs d'électricité, de gaz et les services d'assainissement. Dans ces deux industries le niveau de recherche et de liens externes est naturellement important de par la nature même de l'activité. Par ailleurs, des recherches antérieures ont déjà fait état de l'importance des relations externes et des complémentarités qu'elles engendrent en biotechnologie (Arora et Gambardella, 1990).

Dans le cadran du bas à gauche, on retrouve le groupe des industries avec un faible niveau d'intensité de R-D et un faible niveau de relations externes. Ce groupe se compose des industries des produits plastiques et des produits du pétrole, des machineries, des meubles et produits connexes, l'imprimerie, véhicules automobiles et pièces, etc. La plupart de ces industries sont effectivement des industries à faible intensité de R-D, nos résultats viennent corroborer les indicateurs des dépenses courantes intra-muros au titre de la R-D, exprimées en pourcentage des revenus de l'entreprise exécutante rapportés dans le tableau 12, Statistique Canada (2004). Bon nombre des industries que l'on retrouve dans cette section des graphiques 2 et 3 sont des unités de production qui sous-traitent ou de première transformation. Elles ont peu de laboratoires de recherche et ont atteint un stade où elles ne produisent plus vraiment de recherche, notamment les secteurs automobile et textile, où la recherche et développement se fait ailleurs qu'au Canada.

8. L'intensité de R-D est calculée par le rapport du nombre d'employés à plein temps affectés à des travaux de R-D sur le nombre total d'employés de l'entreprise. La propension à faire des liens externes est calculée dans le premier graphique comme le pourcentage par industrie de liens externes hors filiale. Dans le graphique 2, nous avons calculé le montant de dépenses associées à cette propension sur le total des montants de transactions pour l'ensemble des stratégies.

9. Pour compter le nombre de relations nous avons créé une variable dichotomique qui prend la valeur 1 si l'entreprise d'une industrie donnée déclare avoir eu des transactions monétaires pour fins de R-D avec une organisation externe hors filiale (Autre entreprise, université, centre de recherche, hôpitaux, etc.)

Dans le groupe des industries qui ont un faible niveau d'intensité de R-D et une forte propension à avoir des transactions externes de R-D, on retrouve les industries des produits du papier, des produits du bois, des produits métalliques de première transformation ferreux, d'extraction minière et de pétrole et gaz. Ces industries requièrent un niveau élevé de compétences spécialisées. Elles ont développé un haut niveau de savoir faire et font probablement beaucoup d'échanges inter industries. Cependant, ce sont aussi des industries où les économies d'échelles sont importantes et où le nombre moyen d'employés par entreprise est parmi les plus élevé. On constate également que c'est le cadran dans lequel on retrouve le moins d'industries. Ce constat vient appuyer l'idée couramment véhiculée que ce sont les secteurs à forte intensité de R-D qui ont le plus de liens externes.

Finalement, de nombreuses industries se retrouvent dans une zone de tendance centrale, c'est-à-dire à proximité du centre des axes médians. C'est notamment le cas pour l'industrie de l'agriculture, foresterie, pêche et chasse, matériel de communication, semi-conducteurs et autres composantes électroniques, commerce de gros et produits aérospatiaux et pièces.

Le tableau 4 nous montre que le secteur manufacturier fait beaucoup plus de R-D en vase clos que le secteur des services.

Toutes les entreprises qui reçoivent des subventions fédérales, soit 4 081 entreprises, font et financent leur propre R-D pour un montant total de 10 243 millions de dollars. Bien qu'en nombre les entreprises qui perçoivent les subventions fédérales ne représentent que 6,7 % du total des exécutants, elles réalisent 21 % des dépenses totales consacrées à la stratégie « Exécuter la R-D pour soi-même », 20 % des dépenses totales consacrées à la « Vendre les services de R-D » et 22 % des dépenses pour « Acheter les services de R-D ». Les entreprises subventionnées dépensent donc en R-D plus que la part qu'elles représentent.

C'est le groupe des industries à forte intensité en R-D et à haut niveau de relations externes qui dépense le plus en R-D quelle que soit la stratégie adoptée.

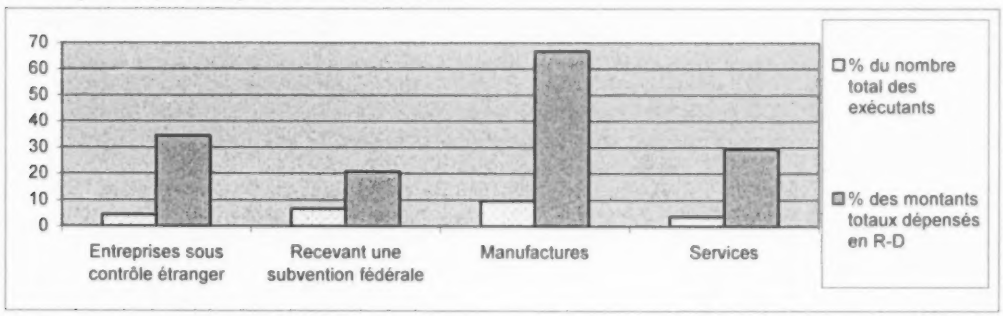
Le graphique 4 nous indique que les activités de R-D sont fortement concentrées. Ainsi, les entreprises sous contrôle étranger ne représentent que 4,6 % du total des exécutants mais génèrent 32 % de toutes les dépenses en R-D. Les entreprises qui reçoivent des subventions fédérales ne représentent elles que 6,4 % de tous les exécutants mais ils génèrent 21 % de toutes les dépenses en R-D. Le secteur manufacturier et des services représente respectivement 9,8 % et 3,7 % des exécutants et contribue pour 66 % et 30 %.

Tableau 4
Répartition des montants totaux dépensés par type de stratégie pour fins de R-D selon les caractéristiques de l'entreprise, pour la période 1997 à 2002 (en millions de dollars)

Caractéristiques	Exécuter la R-D pour soi-même	Vendre les services de R-D	Acheter les services de R-D	**Total**
Entreprises canadiennes	33 673	12 239	7 029	**52 941**
Entreprises étrangères	14 945	6 525	3 999	**25 469**
Moins de 50 employés	7 278	1 548	1 410	**10 237**
Entre 50 et 499 employés	13 230	3 197	2 185	**18 612**
500 employés et plus	28 110	14 019	7 431	**49 560**
Reçoivent des subventions du gouvernement fédéral	10 243	3 748	2 403	**16 394**
Ne reçoivent pas de subventions du gouvernement fédéral	38 374	15 016	8 624	**62 014**
Manufactures	30 755	13 956	7 098	**51 809**
Services	15 596	4 503	3 252	**23 351**
Intensité R-D élevée/Relations externes élevées	19 971	13 818	7 220	**41 009**
Intensité R-D élevée/Relations externes faibles	8 715	1 587	891	**11 193**
Intensité R-D faible/Relations externes élevées	9 754	1 490	1 071	**12 315**
Intensité R-D faible/Relations externes faibles	10 159	1 869	1 848	**13 876**
Exécuter la R-D pour soi-même exclusivement (activité courante)	10 697	-	-	**10 697**
Vendre les services de R-D exclusivement (activité courante)	-	1 811	-	**1 811**
Total dépensé par stratégie	**48 618**	**18 764**	**11 027**	**78 409**

Source : Statistique Canada, Enquête RDIC

Graphique 4
Pourcentage d'entreprises et des montants dépensés en R-D pour certains groupes d'entreprises, pour la période 1997 à 2002



Source : Statistique Canada, Enquête RDIC

Le tableau 5, illustre parfaitement comment nous avons défini les stratégies d'exécution de la R-D. Les montants indiqués dans ce tableau montrent d'où provient le financement de la R-D et à qui il est destiné pour les entreprises qui exécutent la R-D. Ainsi, ce sont près de 49 milliards de dollars qui ont été financés entre 1997 et 2002 par les entreprises qui exécutent elles-mêmes la R-D, voir première colonne. Cela ne signifie pas qu'elles n'ont pas eu aussi du financement externe, ou qu'elles n'ont pas fait de paiement pour faire exécuter la R-D par d'autres organisations.

Dans la deuxième colonne on montre le montant des paiements associés aux organisations qui payent les entreprises pour faire la R-D. Ainsi, près de 80 % des montants de transactions proviennent des filiales, avec une forte proportion qui provient des filiales étrangères. Les contrats du gouvernement représentent tout de même 5 % des sources de paiements. Le gouvernement est le quatrième partenaire en importance pour les entreprises qui font de la R-D. Les entreprises canadiennes ont fourni en six ans pour 863 millions de dollars en services de R-D au gouvernement. Ainsi, lorsqu'une entreprise fait de la R-D elle le fait surtout pour sa filiale ou pour une autre entreprise.

La dernière colonne du tableau 5, montre les organisations qui sont par voie de conséquences aussi des partenaires pour qui les entreprises font des paiements afin de faire exécuter la R-D. Encore une fois, les filiales et les entreprises accaparent la grande majorité des transactions. Les universités (canadiennes et étrangères) arrivent en troisième position pour ce qui est de l'importance à titre de partenaire des entreprises qui font faire la R-D avec près de 865 millions de dollars pour exécuter des services de R-D. De ce montant, 12 % est destiné aux universités étrangères. Les hôpitaux sont des partenaires plus importants que les instituts et associations de recherche en termes de montants consacrés à la recherche et développement.

Les motifs qui amènent les entreprises à engager des relations de R-D avec les universités, et plus généralement avec les institutions de recherche ou les milieux académiques, ne sont pas nécessairement l'obtention d'un produit ou d'une innovation commercialisable. Plus souvent c'est la relation de long terme, le prestige de l'université, de l'institut ou des chercheurs qui constituent les principales motivations de l'entente (Tether, 2002). Cette remarque pourrait expliquer pourquoi le partenariat est si important avec les universités. Rappelons-nous que notre base de données couvre toutes les industries et toutes les tailles d'entreprises. Pour les petites entreprises, le partenariat avec les universités représente souvent la seule manière d'acquérir les ressources nécessaires, ainsi que le moyen d'accéder aux technologies de pointe. Ce constat est une explication potentielle du fait que les entreprises font exécuter davantage la R-D par les universités qu'elles ne la font pour les universités.

Enfin, il est utile de constater que les entreprises de petite taille (moins de 50 employés) représentent la plus grande part du nombre des exécutants en R-D (voir tableau 3). Les entreprises de petite taille interviennent le plus souvent aux premières étapes du développement. Cet état de fait rend ces petites entreprises moins vulnérables aux problèmes engendrés par le partenariat dans les étapes ultérieures du développement d'un projet de recherche. Par exemple, les grandes entreprises qui commercialisent les produits issus d'une activité en R-D sont plus sensibles à la problématique de l'appropriation lorsqu'elles doivent coopérer avec les clients et fournisseurs et a fortiori avec les concurrents comparativement aux plus petites entreprises (Veugelers and Cassiman, 2003). En conséquence, la nature des projets de partenariats avec les universités et les centres de recherches rend les petites entreprises moins sensibles à la question d'appropriation, ce qui pourrait être une explication possible au succès des relations entre les entreprises et les universités, en particulier pour les petites entreprises.

Tableau 5
Répartition des montants totaux dépensés pour chacune des principales stratégies, selon la source ou la destination des paiements pour fins de R-D, 1997 à 2002
(en millions de dollars)

Organisation qui est à la source ou la destination des paiements	Exécuter la R-D pour soi-même	Vendre les services de R-D (source)	Acheter les services de R-D (destination)
Unité déclarante + Subventions fédérales	48 618	-	-
Sociétés mères ou compagnies affiliées	-	1 832 (9,8)	1 832 (16,6)
Sociétés mères ou compagnies affiliées étrangères	-	13 130 (70,0)	5 285 (47,9)
Entreprises	-	1 089 (5,8)	1 089 (9,9)
Entreprises étrangères	-	1 670 (8,9)	762 (6,9)
Gouvernements	-	863 (4,6)	-
Organismes privés sans buts lucratifs + organismes provinciaux de recherche	-	-	24 (0,2)
Instituts et associations de recherche	-	-	326 (2,9)
Hôpitaux	-	-	516 (4,7)
Universités	-	-	762 (6,9)
Universités étrangères	-	-	103 (0,9)
Autres (universités, gouvernements)	-	180 (0,9)	328 (3,0)
Total dépensé en R-D par stratégie	**48 618**	**18 764**	**11 027**

Entre parenthèses indique le montant en pourcentage du total par colonne.
Source : Statistique Canada, Enquête RDIC

Au total, les transactions entre entreprises et entre celles-ci et leurs filiales s'élèvent à plus de 24 milliards de dollars, soit 81 % du total des transactions externes (excluant les montants de R-D intra-muros 49 milliards). Autrement dit, le partenariat hors entreprises affiliées représente 19 % du total des transactions externes.

Ainsi, les entreprises ont dépensé hors filiales surtout avec d'autres entreprises. Les complémentarités en R-D se font surtout par les relations d'entreprise à entreprise. Cependant, c'est une forme de relation relativement risquée puisqu'elle ouvre également la porte à la concurrence. Comme nous l'avons indiqué dans le tableau 3, plus la taille de l'entreprise est grande, plus la portion d'entreprises qui ont recours à la R-D exécutée par d'autres est importante. Nous nous expliquons cela par le fait que les grandes entreprises ont moins à craindre de la concurrence des autres entreprises avec qui elles font volontairement affaire dans la mesure où elles ne partagent qu'une partie limitée de leur savoir.

Dans l'introduction et dans la section sur les motivations au partenariat nous avons signalé l'importance des complémentarités comme l'une des principales raisons qui poussent les exécutants de R-D à se procurer des ressources externes. La recherche intra-muros est communément considérée comme un préalable à tout investissement ou acquisition externe en R-D. Dans ce sens, on peut s'attendre à ce qu'il y ait une corrélation positive entre la R-D intra-muros et extra-muros. Dans la littérature on retrouve un certain nombre d'évidences quant à la complémentarité entre la R-D intra et extra-muros, mais celles-ci sont quasi exclusivement basées sur des valeurs discrètes. Le tableau 6 présente les complémentarités en termes de montants dépensés en R-D pour les options stratégiques d'exécution. Les montants indiquent, que conditionnellement à une option stratégique donnée combien de dollars ont été dépensés en R-D pour les autres options stratégiques. Par exemple, les exécutants qui optent pour la stratégie « Exécuter la R-D pour soi-même » ont dépensé près de 15 milliards de dollars dans la stratégie « Vendre les services de R-D» et 9 milliards dans la stratégie « Acheter les services de R-D» les services de recherche et développement.

Ainsi, on peut voir que le fait d'opter pour la stratégie « Acheter les services de R-D » implique des dépenses de R-D faite soi-même de près de 36 milliards. Les exécutants qui font la R-D pour

d'autres organisations ont pour 15 milliards de dépenses intra-muros en services de R-D. Les complémentarités apparentes les plus significatives sont donc entre les stratégies « Acheter les services de R-D et Exécuter la R-D pour soi-même » ainsi qu'entre « Vendre les services de R-D et Exécuter pour soi-même ». Ce constat permet de supposer qu'effectivement des complémentarités existent entre les stratégies internes et externes. Cassiman and Veugelers (2002) ont également pointé le fait que les entreprises qui s'engagent dans la stratégie d'innovation à l'interne introduisent beaucoup moins de produits et procédés innovants comparativement aux entreprises qui combinent des ressources internes et externes. Une telle combinaison est le résultat des complémentarités entre la R-D interne et la R-D extra-muros. Cette remarque rejoint les propos de Piga et Vivarelli (2003), pour qui la décision de rentrer dans une relation de R-D externe est conditionnelle à la décision antérieure de mener des activités de R-D.

Tableau 6
Les complémentarités sur les montants dépensés pour fins de R-D pour différentes combinaisons de stratégies d'exécution, 1997 à 2002 (en millions de dollars)

Conditionnellement à :	Exécuter la R-D pour soi-même	Vendre les services de R-D	Acheter les services de R-D
Exécuter la R-D pour soi-même	48 627	14 898	9 461
Vendre les services de R-D	15 262	18 764	7 616
Acheter les services de R-D	35 927	1 562	11 027

Source : Statistique Canada, Enquête RDIC

Les entreprises qui optent pour la stratégie «Vendre des services de R-D » exécutent pour uniquement 7,6 milliards de dollars de R-D en achats de services de R-D, tandis que les entreprises qui adoptent pour la stratégie « Acheter les services de R-D » vendent pour 1,5 milliard de dollars.

6. Analyse multinomiale des stratégies d'exécution en R-D

L'entreprise a le choix entre exécuter la R-D pour elle-même, la faire pour d'autres organisations, la faire faire par d'autres organisations ou opter pour l'exécution conjointe de ces stratégies[10]. Dans l'analyse suivante nous considérerons la décision de l'entreprise quant à ses choix sur les six stratégies mutuellement exclusives possibles, de manière simultanée. C'est cette prise de décision simultanée (en tenant compte des choix alternatifs) qui fait que la décision de l'entreprise de maximiser ses profits prend en considération l'ensemble des alternatives possibles.

Les hypothèses associées au modèle logit multinomial (MLM) se fondent précisément sur ce type de décisions. Ce modèle nous semble donc approprié pour estimer l'impact des caractéristiques qui influencent la décision de l'entreprise sur les chances d'opter pour une stratégie donnée.

L'estimation de ce type de modèle doit néanmoins satisfaire l'hypothèse que l'on nomme sous l'appellation technique *d'indépendance des alternatives non pertinentes* (IANP). En effet, dans le cas d'un MLM, cette hypothèse traduit le fait que le rapport de deux probabilités associées à deux événements particuliers est indépendant des autres évènements. Nous présenterons en annexe les résultats des tests de Hausman qui comparent les coefficients estimés d'un modèle avec les six choix stratégiques et les estimations d'un modèle restreint qui l'exclut d'une des stratégies.

10. Rappelons que toutes les entreprises qui ont répondu à la stratégie « Acheter les services de R-D exclusivement » n'ont que des dépenses d'immobilisation en R-D et aucune dépense courante. Nous avons volontairement supprimé ces entreprises de notre étude, donc cette stratégie disparaît de notre analyse.

6.1 Les variables

Notre base de données nous limite dans le choix des variables explicatives qui déterminent la décision stratégique d'exécution de l'entreprise. Nous pouvons néanmoins contrôler la décision de l'entreprise pour les variables les plus communes que l'on retrouve dans ce type d'études.

En accord avec l'approche 'Schumpeterienne', la grande taille des entreprises confère traditionnellement un avantage à celles-ci en terme de capacité à produire de la recherche et à innover (Veugelers and Cassiman, 1999; Breschi et al., 2000). Cependant, la relation entre la taille de l'entreprise et son choix stratégique sur la manière de mener la R-D n'est pas nécessairement une fonction linéaire. Il convient donc de vérifier le lien qui existe entre la taille en terme d'employés et le type de décision stratégique de l'entreprise.

Les motivations qui amènent les entreprises étrangères à exécuter la R-D pour elles-mêmes, à la vendre ou à l'acheter des autres organisations dans le pays hôte sont fonction de nombreux éléments tels que les politiques de soutien à la R-D, l'environnement fiscal, etc. Il est raisonnable de penser que les mêmes facteurs interviennent pour les entreprises nationales et pour les entreprises sous contrôle étranger, mais la prépondérance avec laquelle les unes et les autres en font usage est différente. Par exemple, nous avons de bonnes raisons de croire que les entreprises étrangères peuvent chercher des complémentarités en dotations dans les pays hôtes. Si tel est le cas, on devrait observer une différence dans les stratégies d'exécution pour les entreprises sous contrôle étranger. Ces entreprises devraient recourir relativement plus souvent à des stratégies «Vendre les services de R-D» ou «Acheter les services de R-D». L'analyse descriptive a donné les premiers éléments de réponses allant dans ce sens. Il s'agit maintenant de vérifier quel est l'impact de cette variable sur les différentes stratégies, lorsque nous contrôlons la co-variation induite par les autres variables explicatives. La variable de pays de contrôle est une dichotomique qui prend la valeur 1 lorsque le pays de contrôle est le Canada.

L'étude de Belderbos and al. (2004) a montré que l'intensité de la R-D (Intensité_R-D), mesurée en termes de pourcentages d'employés affectés à la R-D dans l'emploi total, varie selon le type de partenaire. Nous pensons que l'intensité de la R-D a un impact sur la façon de faire la R-D. En effet, les entreprises à forte intensité en R-D ont un niveau d'appropriation des connaissances plus élevé et par conséquent sont moins attirées par le risque du partage de l'information qui vient avec une relation de partenariat. Dans une telle situation, il se pourrait que l'entreprise opte pour une stratégie qui consiste à faire la R-D pour d'autres organisations ou la faire pour soi-même. Nous introduirons également le carré de l'intensité (Intensité_R-D)$^{(2)}$, pour prendre en compte la non linéarité de la relation. En effet, au-delà d'un certain niveau d'intensité, la capacité d'absorption de l'entreprise diminue suite à la baisse des effets d'économies d'échelle (Belderbos and al., 2004).

Enfin, nous testerons l'hypothèse que les industries qui ont à la fois la caractéristique d'être intensives en R-D et ouvertes sur le partenariat ont une propension plus élevée à produire la recherche pour les autres organisations.

6.2 Les résultats

Dans le tableau 7 et 8 nous rapportons les effets marginaux des variables explicatives sur la probabilité de choisir une des six stratégies d'exécution en recherche et développement. Le coefficient indique l'effet sur la probabilité de choisir une des stratégies relativement aux autres choix considérés.

Tableau 7 (Première spécification)
Effets marginaux du modèle logit multinomial pour les différentes stratégies sur les données compilées de la période 1997 à 2002[11]

	Exécuter la R-D pour soi-même	Vendre les services de R-D	Exécuter la R-D pour soi-même et vendre les services de R-D	Exécuter la R-D pour soi-même et Acheter les services de R-D	Exécuter la R-D pour soi-même, vendre et acheter les services de R-D	Vendre et acheter les services de R-D
Log du nombre d'employés	-0.043 (-24.44)	0.002 (9.36)	0.007 (17.67)	0.019 (11.15)	0.013 (28.70)	0.002 (6.60)
Pays de contrôle	-0.003 (-0.35)	-0.018 (-5.69)	-0.008 (-2.53)	0.078 (7.37)	-0.023 (5.65)	-0.026 (-6.19)
Intensité_R-D	-0.435 (-16.02)	0.044 (11.75)	0.103 (15.59)	0.042 (1.58)	0.196 (23.24)	0.050 (11.13)
$(\text{Intensité_R-D})^2$	0.223 (9.48)	-0.025 (-7.76)	-0.070 (-11.74)	0.030 (1.31)	-0.131 (-17.11)	-0.027 (-7.08)
Secteur manufacturier	0.070 (8.12)	-0.006 (-4.76)	-0.011 (-5.06)	-0.035 (-3.99)	-0.012 (-4.12)	-0.006 (-4.22)
Secteur des services	0.063 (7.27)	-0.0006 (0.49)	-0.003 (-1.55)	-0.057 (-6.65)	-0.003 (-1.00)	0.0001 (0.10)
Probabilité d'opter pour chaque stratégie	42.70	0.80	2.14	49.71	3.64	1.01
Nombre d'observations	60451					
Log vraisemblance	-61776.7					
Pseudo R2	0.0266					

Entre parenthèses niveau de signification 5%
Source : Statistique Canada, Enquête RDIC

À chacun des tableaux correspond une spécification différente. Dans le premier cas (tableau 7) nous avons stipulé en plus de la taille et du pays de contrôle, l'intensité en R-D et la différenciation sectorielle à titre de variables explicatives. Dans le deuxième cas (tableau 8), nous avons remplacé les variables d'intensité de R-D et de différentiation sectorielle par quatre variables dichotomiques qui tiennent compte des différents groupes d'industries selon les caractéristiques qui répondent à la fois au niveau d'intensité de R-D et au niveau d'ouverture aux relations de partenariats externes (hors filiales). Ces variables identifient les cadrans des graphiques 2 et 3. Pour ces deux spécifications la stratégie de référence qui a été choisie est la stratégie « Exécuter la R-D pour soi-même ».

Les données indiquent que les stratégies « Exécuter la R-D pour soi-même » et « Exécuter la R-D pour soi-même et Acheter les services de R-D » ont les plus fortes probabilités d'être choisies quelle que soit la spécification du modèle multinomial.

Le tableau 7 montre que bien que significative, l'augmentation de la taille de l'entreprise en terme d'employés a un impact négligeable sur les choix stratégiques d'exécution en R-D. Une augmentation du nombre d'employés augmente la probabilité d'opter pour chacune des stratégies, à l'exception de la stratégie faire soi-même. Le fait d'être une entreprise sous contrôle canadien augmente les chances d'opter pour la stratégie faire soi-même et faire exécuter par d'autres de 7,8 %, mais diminue les chances d'opter pour les autres stratégies.

11. Spécification après élimination des entreprises déclarant zéro employés.

Tableau 8 (deuxième spécification)
Effets marginaux du modèle logit multinomial pour les différentes stratégies sur les données compilées de la période 1997 à 2002[12]

	Exécuter la R-D pour soi-même	Vendre les services de R-D	Exécuter la R-D pour soi-même et vendre les services de R-D	Exécuter la R-D pour soi-même et Acheter les services de R-D	Exécuter la R-D pour soi-même, vendre et acheter les services de R-D	Vendre et acheter les services de R-D
Log du nombre d'employés	-0.013 (-10.32)	-0.0005 (-2.18)	0.003 (7.97)	0.006 (5.02)	0.006 (14.28)	-0.001 (-5.86)
Pays de contrôle	0.0426 (4.03)	-0.035 (-6.76)	-0.014 (-3.77)	0.084 (8.05)	-0.034 (-7.15)	-0.044 (-7.23)
Intensité R-D élevée/ Relations externes élevées	-0.097 (-19.60)	0.012 (8.61)	0.023 (11.31)	-0.004 (-0.73)	0.051 (18.27)	0.015 (9.32)
Intensité R-D élevée/ Relations externes faibles	-0.060 (-8.89)	-0.002 (-1.39)	-0.007 (-3.75)	0.068 (9.82)	-0.0008 (-0.30)	0.001 (0.84)
Intensité R-D faible/ Relations externes élevées	0.003 (0.55)	0.011 (8.53)	0.008 (5.13)	-0.034 (-6.82)	0.004 (2.18)	0.008 (5.45)
Probabilité d'opter pour chaque stratégie	42.58	0.97	2.23	49.26	3.78	1.18
Nombre d'observations	60 451					
Log vraisemblance	-62367.7					
Pseudo R2	0.0173					

Entre parenthèses niveau de signification 5%
Source : Statistique Canada, Enquête RDIC

L'effet du niveau d'intensité de la R-D sur le choix des stratégies est, comme attendu, positif et concave, les coefficients linéaires étant positifs et les termes quadratiques négatifs, sauf pour la stratégie faire soi-même, où la relation est inversée. L'augmentation du personnel de R-D diminue les chances de faire uniquement de la R-D pour soi même mais augmente celles de la faire pour les autres. Si l'entreprise opte pour faire la R-D pour elle même, alors augmenter son personnel de R-D aurait pour effet d'augmenter à la marge sa capacité d'absorption. Ces résultats sont en conformité avec les résultats trouvés par Belderbos et al. (2004). La distinction sectorielle n'a que peu d'impact sur la décision de l'entreprise quant au choix de la stratégie.

La deuxième spécification (tableau 8) révèle que les industries qui sont fortement intensives en R-D et ouvertes sur les relations de partenariats externes en dehors des filiales, font, toutes choses égales par ailleurs, moins souvent de la R-D pour eux-mêmes et plus souvent toutes les autres stratégies. Ainsi, l'augmentation du nombre d'entreprises qui répondent aux caractéristiques des industries à forte intensité de R-D et d'ouverture externe, viendrait augmenter les chances de faire la R-D par combinaisons de stratégies plutôt que de faire la R-D en vase clos. Ce résultat suggère que l'accroissement de certaines industries telles que l'industrie des produits pharmaceutiques pourrait engendrer une augmentation du recours aux stratégies qui impliquent des échanges de services pour fins de R-D. Comme nous le montrent les résultats de notre analyse, avoir un haut niveau d'intensité en R-D et un haut niveau d'ouverture aux relations externes augmente de 5,1 % les chances de faire la R-D en combinant les trois principales stratégies d'exécution soit, faire soi-même, faire pour d'autres et faire faire par d'autres.

12. Spécification après élimination des entreprises déclarant zéro employés.

Comme dans le cas de la première spécification, être une entreprise sous contrôle canadien augmente les chances d'opter pour la stratégie « faire soi-même et faire exécuter par d'autres » mais aussi la stratégie interne qui consiste à faire exclusivement de la R-D pour soi-même. Dans les deux cas l'impact est important et significatif. Ainsi, le fait d'être une entreprise sous contrôle canadien augmente de 4,3 % les chances d'opter pour la stratégie faire soi-même de la R-D. Ces résultats viennent confirmer l'analyse descriptive, qui nous avait montré que les entreprises sous contrôle étranger sont relativement plus nombreuses à faire la R-D pour les autres organisations, alors que les entreprises canadiennes la font elles-mêmes ou la font faire par d'autres organisations. Cependant, il faut rappeler qu'en termes de montants la relation est inversée, ce sont les entreprises canadiennes qui dépensent plus pour faire la R-D pour les autres organisations et les entreprises étrangères dépensent relativement plus pour faire la R-D par les autres organisations, (voir tableau 4).

7. Conclusion

Cette étude élargit notre réflexion sur le choix des modalités d'exécution de R-D. En effet, dans les études précédentes les choix stratégiques d'exécutions de la R-D qui s'offrent aux entreprises sont pour l'essentiel binaires : soit l'entreprise exécute de la R-D à l'interne, soit elle se procure les services de R-D via le partenariat externe. En se basant sur les données de recensement de l'enquête sur la R-D menée par Statistique Canada nous avons élargi cette conception du mode d'exécution. Nous avons montré que l'exécutant peut faire la R-D pour fins propres, la faire exécuter par d'autres organisations mais il peut également la faire pour le compte d'autres organisations.

Nous avons présenté ces différents modes d'exécution de la R-D sous diverses formes relationnelles avec les partenaires externes mais aussi avec les filiales, en quantifiant l'intensité des relations sous forme monétaire et non sous la forme d'un simple comptage, comme on l'observe le plus souvent dans la littérature empirique.

L'étude a révélé que les dépenses consacrées à la R-D sont à 62 % d'origine interne et à 38 % d'origine externe. Plus précisément, 24 % du total des montants de transactions pour fins de R-D correspondent à de la R-D faite par les entreprises pour le compte d'autres organisations. Les entreprises canadiennes font exécuter la R-D pour 14 % du total des montants de transactions pour fins de R-D. L'examen plus approfondi nous a également révélé que 81% des montants transigés à l'externe correspondent à des relations entre entreprises et filiales. Conséquence, le partenariat externe hors filiales ne couvre que 19 % des montants de transactions pour vente ou achats de services de R-D.

Les entreprises qui produisent la recherche uniquement à l'interne, sans aucune relation de partenariat, représentent 42 % des exécutants. Ces entreprises ont dépensé 10,7 milliards en R-D, soit 13% des dépenses totales pour l'ensemble des stratégies de R-D. Ce sont les partenariats avec d'autres entreprises et entre entreprises et filiales qui expliquent la majeure partie des montants transigés pour fins de R-D, soit plus de 22 milliards sur les 30 milliards de transactions sur la période 1997 à 2002. Le gouvernement représente 5 % des sources de paiements pour les entreprises qui font la R-D pour d'autres organisations. Les universités apparaissent comme une organisation externe relativement importante. Ce sont près de 8 % du total des montants consacrés à la R-D exécutée par d'autres organisations qui provient des universités, et 5 % qui provient des hôpitaux. Les autres organisations telles que les organismes privés sans buts lucratifs et les centres provinciaux de recherche contribuent de façon négligeable aux montants échangés en R-D. Le secteur manufacturier fait essentiellement de la R-D pour les autres organisations et le secteur des services fait exécuter la R-D par les autres organisations.

Conformément aux hypothèses que l'on retrouve dans la littérature, s'engager dans des relations externes en R-D exige au préalable une capacité d'absorption. En d'autres termes, opter pour une stratégie de « Vendre les services de R-D » ou « Acheter les services de R-D » est complémentaires à la stratégie qui consiste à exécuter la R-D pour soi-même.

Finalement, l'analyse multivariée a permis d'identifier les déterminants de chacune des stratégies. Cette analyse a révélé que la taille a peu d'impact dans le choix de la stratégie. Par contre, faire parti d'une entreprise sous contrôle canadien augmente les chances de faire la R-D uniquement à l'interne. Ainsi, les entreprises sous contrôle étranger ont plus de chances de faire des activités de R-D sous forme de partenariat. Enfin, il ressort de l'analyse que l'intensité en R-D et le niveau d'ouverture aux relations de partenariats externes (hors filiales) augmentent les chances de recourir aux trois stratégies simultanément.

Bibliographie

Anderson, F., McNiven, C., Rose, A., (2002). An Analysis of Patterns of Collaboration in Canadian Manufacturing and Biotechnology Firms: In Networks, Alliances and Partnerships in the Innovation Process. Edited by John de la Mothe and Albert N. Link. Kluwer Academic Publishers 28, 47-66.

Arrow, K. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention. In R. Nelson (Ed). The Rate and Direction of Inventive Activity. *Princeton University Press, Princeton, NJ, 609-626.*

Arundel, A., Bordoy, C. (2002). In-House versus Ex-House: The Sourcing of Knowledge for Innovation. *Networks, Alliances and Partnerships in the Innovation Process.* Edited by John de la Mothe and Albert N. Link. Kluwer Academic Publishers 28, 67-87.

Arora, A., Gambardella, A. (1990). Complementarity and external linkages: the strategies of large firms in biotechnology. *Journal of Industrial Economics 38, 361-379.*

Bayona, C., Garcia-Marco, T., Huarta, E. (2001). Firms' motivations for cooperative R&D: an analysis of Spanish firms. *Research Policy 30, 1289-1307.*

Belderbos, R., Carree, M., A., Diederen, B., Lokshin, B., Veugelers, R., (2004). Heterogeneity in R&D cooperation strategies. *International Journal of Industrial Organization 22, 1237-1263.*

Bönte, W., Keilbach, M. (2005). Concubinage or marriage? Informal and formal cooperations for innovation. *International Journal of Industrial Organization 23, 279-302.*

Breschi, S., Malerba, F., Orsenigo, L. (2000). Technological Regimes and Schumpeterien Patterns of Innovation. *Economic Journal 110, 388-410.*

Cassiman, B., Perez-Castrillo, D., and Veugelers, R. (2002). Endogenizing know-how flows through the nature of R&D investments. *International Journal of Industrial Organisation, 20, 775-799.*

Cohen, W.M., Levinthal, D.A. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly 35,128-152.*

Davy, I. (2004). Le paradoxe de la compétitivité en Europe : quel rôle pour les alliances technologiques? *Une application à l'industrie européenne des semi-conducteurs.* Ed. L'Harmattan, Paris.

Fritsch, M., Lukas, R. (2001). Who cooperates on R&D? *Research Policy 30, 297-312.*

Harrigan, K. R. (1985). Strategies for Intrafirm Transfers and outside Sourcing. *The Academy of Management Journal 28, 914-925.*

Hagedoorn, J. (1993). Understanding the rationale of Strategic Technology Partnering: Interorganizational Modes of Cooperation and Sectoral Differences. *Strategic Management Journal 14, 371-385.*

Hagedoorn, J., Link, A., Vonortas, N. (2000). Research Partnerships. *Research Policy 29, 567-586.*

Hagedoorn, J., Kranenburg, H.V. (2003). Growth patterns in R&D partnerships: an exploratory statistical study. *International Journal of Industrial Organization 21, 517-531.*

Kamien, M.I., Zang, I. (2000). Meet Me Halfway: Research Joint Venture and Absorptive Capacity. *International Journal of Industrial Organization 18, 995-1012.*

Kleinknecht, A., Reijnen, J. (1992). Why do firms cooperate on R&D? An empirical study. *Research Policy 21, 347-360.*

Leiblein, M.J., Reuer, J.J and Dalsace, F. (2002). Do make and buy decisions matter? The influence of organizational governance on technological performance. *Strategic Management Journal 23, 817-833.*

Leiponen, A., (2001). Why do firms not collaborate? The role of competencies and technological regime. In: Kleinknecht, A., Mohnen, P. (Eds), Innovation and Firm Performance: Econometric Exploration of Survey Data. Palgrave, 253-277.

Mahoney, J., (1992). The Choice of Organizational Form: Vertical Financial Ownership Versus Other Methods of Vertical Integration. *Strategic Management Journal 13, 559-584.*

Miotti, L., Sachwald, F. (2003). Co-operative R&D: Why and with whom? An integrated framework of analysis. *Research Policy 32, 1481-1499.*

Narula, R. (2001). Choosing between internal and non-internal R&D activities: some technological and economic factors. *Technology Analysis & Strategic Management Journal 19, 1063-1077.*

OCDE, (2002). Manuel de Frascati. Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental.

Piga, C. A., Vivarelli, M. (2003). Internal and External R&D: a Simple Selection Approach. Discussion Papers N.0504, on Entrepreneurship, Growth and Public Policy.

Radnor, M. (1991). Technology acquisition strategies and processes: a reconsideration of the make versus buy decision. *Journal of Technology Management, 113-135.*

Rose, A., (1994). Alliances stratégiques de R-D. Statistique Canada, *dans: Indicateurs des services, Catalogue No. 63-016, Vol.1 (3), Ottawa*

Sakakibara, M. (1997). Heterogeneity of Firm Capabilities and Cooperative Research and Development: An Empirical Examination of Motives. *Strategic Management Journal 18, 143-164.*

Statistique Canada (2004). *Recherche et développement industriels, perspective 2003.* Statistique Canada, Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique, No. 88-202- XIF au catalogue, Ottawa.

Tether, B. S. (2002). Who co-operates for innovation, and why. An empirical analysis. *Research Policy 31, 947-967.*

Veugelers, R. (1997). Internal R&D expenditures and External Technology Sourcing. *Research Policy 26, 303-316.*

Veugelers, R., Cassiman, B. (1999). Make and buy in innovation strategies: Evidence from Belgian manufacturing firms. *Research Policy 28, 63-80.*

Veugelers, R., Cassiman, B. (2003). R&D Cooperation between Firms and Universities, Some empirical evidence from Belgian manufacturing. *CEPR Discussion Paper No.2157.*

Annexe A. Définitions

(1) Exécuter la R-D pour soi-même : travaux de R-D intra-muros exécutés et financés par l'unité déclarante (incluant les subventions fédérales).

(2) Vendre les services de R-D : travaux de R-D exécutés par l'unité déclarante mais financés par d'autres organisations (incluant les filiales) et dont les résultats sont transmis au pourvoyeur des fonds.

(3) Acheter les services de R-D : travaux de R-D exécutés par une autre organisation (incluant les filiales) et payés par l'unité déclarante.

Annexe B. Résultats des tests d'indépendance des alternatives non pertinentes

Tableau 9
Test d'Hausman de validation pour la condition d'Indépendance des Alternatives Non Pertinentes (IANP) pour le modèle 1

Stratégie exclue	chi2(28)	Prob>chi2	Ho
Vendre les services de R-D	36.45	0.1059	Non rejeté
Exécuter la R-D pour soi-même et vendre les services de R-D	14.98	0.9696	Non rejeté
Exécuter la R-D pour soi-même et acheter les services de R-D	-2.35	-	Statistique non définie
Exécuter la R-D pour soi-même, vendre et acheter les services de R-D	25.78	0.5308	Non rejeté
Vendre et acheter les services de R-D	27.55	0.4883	Non rejeté

Tableau 10
Test d'Hausman de validation pour la condition d'Indépendance des Alternatives Non Pertinentes (IANP) pour le modèle 2

Stratégie exclue	chi2(28)	Prob>chi2	Ho
Vendre les services de R-D	-114.40	-	Statistique non définie
Exécuter la R-D pour soi-même et vendre les services de R-D	-6.67	-	Statistique non définie
Exécuter la R-D pour soi-même et acheter les services de R-D	16.18	0.8815	Non rejeté
Exécuter la R-D pour soi-même, vendre et acheter les services de R-D	41.62	0.0142	Non rejeté
Vendre et acheter les services de R-D	55.89	0.0002	Non rejeté

Annexe C. Tableau des corrélations simples (N=60451)

	Log du nombre d'employés	Pays de contrôle	Intensité en R-D	Secteur manufacturier	Secteur des services	Intensité R-D élevée /Relations externes élevées	Intensité R-D faible /Relations externes élevées	Intensité R-D élevée /Relations externes faibles	Intensité R-D faible /Relations externes faibles
Log du nombre d'employés	1.0000								
Pays de contrôle	-0.3280	1.0000							
Intensité en R-D	-0.6294	0.0986	1.0000						
Secteur manufacturier	0.2716	-0.0884	-0.2757	1.0000					
Secteur des services	-0.2579	0.0869	0.2900	-0.8776	1.0000				
Intensité R-D élevée/Relations externes élevées	-0.1157	0.0229	0.1787	-0.2055	0.2527	1.0000			
Intensité R-D faible/ Relations externes élevées	0.1781	-0.0868	-0.1351	0.3207	-0.3389	-0.1904	1.0000		
Intensité R-D élevée/Relations externes faibles	-0.1429	0.0745	0.1870	-0.4935	0.5711	-0.2428	-0.2142	1.0000	
Intensité R-D faible/ Relations externes faibles	0.1171	-0.0332	-0.2306	0.4361	-0.4412	-0.4290	-0.2759	-0.4826	1.0000

Annexe D. Croissance annualisée des dépenses de R-D par industrie.

Classification industrielle RDIC	Nombre d'observations (% du total)	Croissance annualisée (1997-2002) des dépenses de R-D		
		Faire soi-même	Faire pour d'autres	Faire exécuter par d'autres
Agriculture, foresterie, pêche et chasse	1623 (2.68)	+ + +	+ + +	+ +
Extraction minière et extraction de pétrole et de gaz	622 (1.02)	-	+ + +	- -
Services publics	289 (0.48)	- - -	+ + + +	+ + + +
Construction	1422 (2.34)	-	+ + + +	+ + + +
Aliments, Boissons et tabac	1779 (2.93)	-	- - - -	+
Textiles	735 (1.21)	+ + +	- - - -	- -
Produits du bois	858 (1.42)	- -	+ + + +	+ + + +
Papier	585 (0.96)	+ + + +	-	- - -
Impression	433 (0.71)	+ + + +	- - - -	- - - -
Produit pharmaceutiques et médicaments	543 (0.89)	+ + + +	+ + + +	-
Autres produits chimiques	1856 (3.06)	+ +	+ + +	+ + + +
Produits en plastique et Caoutchouc	2008 (3.31)	-	+	- - -
Produits minéraux non métalliques	661 (1.09)	- - -	- - - -	- - - -
Première transformation des métaux (ferreux et non ferreux)	583 (0.96)	+ + +	-	- - -
Fabrication de produits métalliques	2993 (4.94)	+ + +	- - - -	- - - -
Machines	4971 (8.20)	+ + +	+ +	- - - -
Matériel informatique et périphérique	597 (0.98)	+ + +	- -	- - - -
Matériel de communication	731 (1.21)	+ + + +	- - - -	- - - -
Semi-conducteurs et autres composants électroniques	803 (1.32)	+ + + +	+ + + +	+ + + +
Instruments de navigation, de mesure et de commande et d'instruments médicaux	1554 (2.56)	+ + +	+ + + +	+ + + +
Autres produits informatiques et électroniques	221 (0.36)	-	- - - -	- - - -
Matériel, appareils et composants électroniques	1180 (1.94)	+ + +	-	+ + +
Véhicules automobiles et pièces	935 (1.54)	+ + + +	- - - -	-
Produits aérospatiaux et pièces	375 (0.62)	-	- - -	+ + +
Tout autre type de matériel de transport	327 (0.54)	+	- - - -	+ + + +
Meubles et produits connexes	608 (1.00)	+ + + +	+ + + +	- - - -
Autres industries de la fabrication	1974 (3.26)	+	- - - -	+
Commerce de gros	4736 (7.81)	- -	+ + + +	-
Commerce de détail	1019 (1.68)	- -	+ + + +	- - - -
Transport et entreposage	343 (0.57)	+ + + +	- - - -	-
Industrie de l'information et industrie culturelle	2058 (3.39)	+ + + +	+	+ + + +
Finance, assurances et services immobiliers	743 (1.22)	+	+ + + +	+ + + +
Architecture, génie et services connexes	3861 (6.37)	+ + +	-	-
Conception de systèmes informatiques et services connexes	8192 (13.52)	+ + + +	+ + + +	+ + +
Conseils en gestion et conseils scientifiques et techniques	1594 (2.63)	+ + + +	+ + + +	+ + + +
Services de recherche et développement scientifiques	2590 (4.27)	+ + + +	+ + + +	+ + +
Soins de santé et assistance sociale	516 (0.85)	+ + + +	+ + +	+ + + +
Toutes autres industries des services	3659 (6.04)	+	- - -	- -

Source : Statistique Canada, Enquête RDIC

0 ≤ Croissance < 3 %	+	0 ≤ Décroissance < -3 %	-
3 ≤ Croissance < 5 %	+ +	-3 ≤ Décroissance < -5 %	- -
5 ≤ Croissance < 10 %	+ + +	-5 ≤ Décroissance < -10 %	- - -
Croissance ≥ 10 %	+ + + +	Décroissance ≥ -10 %	- - - -

Annexe E. Acronymes pour les industries

Arg = Agriculture, foresterie, pêche et chasse
Mingas = Extraction minière et extraction de pétrole et de gaz
Utilities = Services publics
Constr = Construction

Manufactures
Food = Aliments, Boissons et tabac
Textile = Textiles
Wood = Produits en bois
Paper = Produits du Papier
Printing = Impression
Pharm = Produits pharmaceutiques et médicaments
Othchim = Autres produits chimiques
Plastics = Produits en plastique, Produits du pétrole et du charbon et Produits en caoutchouc
Nometal = Produits minéraux non métalliques
Fmetal = Première transformation des métaux (ferreux)
Metal = Première transformation des métaux (non ferreux) et Fabrication de produits métalliques
Machine = Machines
Comp_equip = Matériel informatique et périphérique
Com_equip = Matériel de communication
Comp_elec = Semi-conducteurs et autres composants électroniques
Nav = Instruments de navigation, de mesure et de commande et d'instruments médicaux
Othelec = Autres produits informatiques et électroniques
Comp_appl = Matériel, appareils et composants électriques
Motor = Véhicules automobiles et pièces
Aerospace = Produits aérospatiaux et pièces
Othtransp = Tous autres types de matériel de transport
Furnitures = Meubles et produits connexes
Oth_manuf = Autres industries de la fabrication

Services
Wsale = Commerce de gros
Retail = Commerce de détail
Transport = Transport et entreposage
Cultural = Industrie de l'information et industrie culturelle
Finance = Finance, assurances et services immobiliers
Eng = Architecture, génie et services connexes
Design = Conception de systèmes informatiques et services connexes
Man = Conseils en gestion et conseils scientifiques et techniques
Sc_rd = Services de recherche et développement scientifiques
Health = Soins de santé et assistance sociale
Oth_serv = Toutes les autres industries des services

Variables

Vextern = dépenses de R-D associées au partenariat externe.
External_link = nombre de partenariats externe

Publications au catalogue

Publications statistiques sur les sciences, la technologie et l'innovation

88-001-XIF	Statistiques des sciences
88-003-XIF	Bulletin de l'analyse en innovation
88-202-XIF	Recherche et développement industriels, perspective (avec des estimations provisoires pour 2004 et des dépenses réelles pour 2003) (annuel)
88-204-XIF	Activités scientifiques fédérales
88F0006XIF	Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique, documents de travail
88F0017MIF	Division des sciences, de l'innovation, et de l'information électronique documents de recherche

88-001-X Volume 30 – 2006

No. 1 Répartition provinciale et territoriale des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie, 2003-2004 (février)

No. 2 Activités scientifiques en biotechnologie dans les ministères fédéraux et organismes, 2004-2005 (mars)

88-001-X Volume 29 – 2005

No.1 Répartition provinciale et territoriale des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie, 2002-2003 (janvier 2005)

No. 2 Personnel affecté à la recherche et au développement (R-D) au Canada, 1993 à 2002 (mai 2005)

No. 3 Activités scientifiques en biotechnologie dans les ministères fédéraux et organismes, 2003-2004 (mai 2005)

No. 4 Recherche et développement industriels de 2001 à 2005 (juin 2005)

No. 5 Estimations des dépenses totales au titre de la recherche et du développement dans le secteur de la santé au Canada, 1988 à 2004 (juillet 2005)

No. 6 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 2003-2004 (décembre 2005)

No. 7 Dépenses de l'administration fédérale au titre des activités scientifiques, 2005-2006^{p} (décembre 2005)

No. 8 Dépenses totales au titre de la recherche et du développement au Canada, 1990 à 2005^{p} et dans les provinces, 1990 à 2003 (décembre 2005)

88F0006XIF Documents de travail – 2006

No. 1 Répartition du personnel et des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie selon la province, 1997-1998 à 2003-2004 (avril)

88F0006XIF Documents de travail – 2005

No. 1 Dépenses et personnel de l'administration fédérale en sciences naturelles et sociales, 1995-1996 à 2004-2005 (janvier)

No. 2 Répartition du personnel et des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie selon la province, 1996-1997 à 2002-2003 (janvier)

No. 3 Statistiques sur la R-D industrielle, selon les régions 1994 à 2002 (janvier)

No. 4 Le partage des connaissances apporte le succès : comment certaines industries de service ont évalué l'importance de l'utilisation de pratiques de gestion des connaissances pour leur succès (février)

No. 5 Caractéristiques des petites entreprises qui font la transition en moyennes entreprises : répartition industrielle et géographique des petites entreprises à forte croissance (février)

No. 6 Sommaire : Atelier collectif de Statistique Canada et de l'Université de Windsor auprès des indicateurs de la commercialisation de la propriété intellectuelle, Windsor, Novembre 2005 (mars)

No. 7 Sommaire de la réunion sur la commercialisation : la mesure, les indicateurs, les lacunes et les cadres, Ottawa, Décembre 2004 (mars)

No. 8 Estimations du personnel affecté à la recherche et au développement au Canada, 1979 à 2002 (avril)

No. 9 Aperçu de l'Enquête sur l'utilisation et le développement de la biotechnologie – 2003 (avril)

No. 10 Accès aux capitaux de financement des entreprises canadiennes innovatrices de biotechnologie (avril)

No. 11 Activités scientifiques et technologiques des administrations provinciales et des organismes provinciaux de recherche, 1995-1996 à 2003-2004 (septembre)

No. 12 Innovation dans les industries du secteur des services des technologies de l'information et des communications (TIC) : Résultats de l'Enquête sur l'innovation de 2003 (octobre)

No. 13 Innovation dans certains services professionnels, scientifiques et techniques: Résultats de l'Enquête sur l'innovation de 2003 (octobre)

No. 14 Innovation dans certaines industries du transport : Résultats de l'Enquête sur l'innovation de 2003 (Novembre)

No. 15 Innovation dans certaines industries desservant les secteurs de l'extraction minière et de la foresterie : Résultats de l'Enquête sur l'innovation de 2003 (novembre)

No. 16 Aliments fonctionnels et nutraceutiques : création d'aliments à valeur ajoutée par les entreprises canadiennes (septembre)

No. 17 Statistiques sur la R-D industrielle, selon les régions, 1994 à 2003 (novembre)

No. 18 Enquête sur la commercialisation de la propriété intellectuelle dans le secteur de l'enseignement supérieur, 2003 (novembre)

No. 19 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 2003-2004 (décembre)

No. 20 Estimations des dépenses canadiennes au titre de la recherche et du développement (DIRD), Canada, 1994 à 2005 et selon la province 1994 à 2003 (décembre)